ISSN 2223–2966

СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№7–2 2023 (ИЮЛЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

Главный редактор
А.В. Царегородцев

Выпускающий редактор
Ю.Б. Миндлин

Верстка
М.А. Комарова

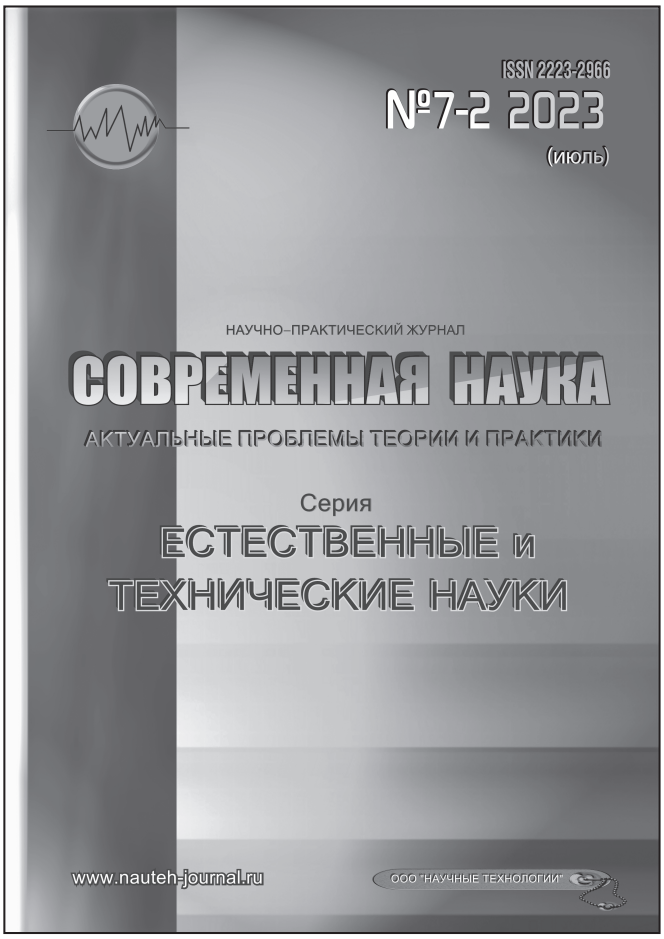
Подписной индекс издания
в каталоге агентства «Пресса России» — 80016

В течение года можно произвести подписку
на журнал непосредственно в редакции.

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(ВАК – 1.1.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ, ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И УПРАВЛЕНИЕ,
КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Издатель:
Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

Адрес редакции и издателя:
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10
Тел/факс: 8(495) 142-8681
E-mail: redaktor@nauteh.ru
http: //www.nauteh-journal.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-44912 от 04.05.2011 г.

Авторы статей несут полную ответственность
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал
«Современная наука:
Актуальные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296

Подписано в печать 25.07.2023 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966

© Журнал Современная наука: актуальные проблемы теории и практики: Серия «Естественные и Технические науки»

Редакционный совет

Атаев Алевдин Рашитханович — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

Безруких Марьям Моисеевна — д.б.н., профессор, Институт возрастной физиологии РАО

Бекетов Сергей Валериевич — д.б.н., ФГБНУ НИИ Пушного звероводства и кролиководства имени В.А. Афанасьева

Белых Владимир Иванович — Д.м.н., доцент, Алтайский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации

Грачев Николай Николаевич — доктор высшей ступени в области технических наук (DoctorHabilitatus), профессор, Московский государственный институт электроники и математики НИУ ВШЭ (технический университет)

Гусева Анна Ивановна — д.т.н., профессор, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Зубкова Валентина Михайловна — д.б.н., профессор, Российский государственный социальный университет

Каллаев Нажмудин Омаркадиевич — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

Квасов Андрей Иванович — д.т.н., профессор, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

Корнеев Андрей Мастиславович — д.т.н., профессор, Липецкий государственный технический университет

Корягина Наталья Александровна — д.м.н., доцент, Пермский государственный медицинский университет им. ак. Е.А.Вагнера Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кравец Бронислава Борисовна — д.м.н., профессор, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кулик Сергей Дмитриевич — д.т.н., доцент, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Матвеев Всеволод Борисович — д.м.н., профессор, ФГБУ РОНЦ им. Н.Н. Блохина, член-корреспондент РАН

Миндлин Юрий Борисович — к.э.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина

Надежкин Сергей Михайлович — д.б.н., профессор, Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии

Овезов Алексей Мурадович — д.м.н., доцент, ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского

Олейникова Светлана Александровна — д.т.н., доцент, Воронежский государственный технический университет

Рахимов Ильгизар Ильясович — д.б.н., профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет

Ромашкова Оксана Николаевна — д.т.н., профессор, Московский городской педагогический университет

Симаков Юрий Георгиевич — д.б.н., профессор, Московский государственный университет им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

Симоненков Алексей Павлович — д.м.н., профессор, независимый эксперт

Трапезов Олег Васильевич — д.б.н., в.н.с., ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН»

Федорова Оксана Ивановна — д.б.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина

Харитонов Михаил Анатольевич — д.м.н., профессор, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова

Царегородцев Анатолий Валерьевич — д.т.н., профессор, Московский государственный лингвистический университет redaktor3@nauteh.ru

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

Общая биология

Гурбанов Р.Г., Джамбетова П.М., Бисултанова З.И. — Генотоксичные и антиоксидантные свойства лекарственных растений Achillea biebersteinii и Helichrysum arenarium
Gurbanov R., Dzhambetova P., Bisultanova Z. — Genotoxic and antioxidant properties of medicinal plants Achillea biebersteinii and Helichrysum arenarium 7

Депутатов К.В., Григорович Л.М. — Экологическая роль цинковых микроудобрений в формировании урожая озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах с низким содержанием подвижного цинка
Deputatov K., Grigorovich L. — Ecological role of zinc microfertilizers in winter wheat harvest formation on soil-podzolic soils with a low content of mobile zinc 15

Омар Парвин Мирдамет, Юнусов Эльшад Рустам, Велиева Сафура Сахиб, Асадова Шабнам Фахраддин — Оценка антимикробной и ферментативной активности некоторых грибов, выделенных из различных экологических условий
Omar Parvin Mirdamet, Yunusov Elshad Rustam, Veliyeva Safura Sahib, Asadova Shabnam Fakhraddin — Evaluation of the antimicrobial and enzymatic activity of some fungi isolated from various environmental conditions 20

Цыбизов Д.А., Шеховцова А.С., Аникина Е.В. — Взаимосвязь работы кишечника и центральной нервной системы
Tsybizov D., Shekhovtsova A., Anikina E. — The relationship between the work of the intestine and the central nervous system 25

Информатика и вычислительная техника и управление

Буржомов С.А., Татаренко И.Е. — Моделирование мышечного сокращения для оценки развиваемого усилия на основе электромиографии
Burzhomov S., Tatarenko I. — Modeling of muscle contraction to assess the developed effort based on electromyography 28

Валеев М.В. — Современное состояние и направления совершенствования методов выявления инцидентов информационной безопасности
Valeev M. — Current status and directions for improving methods for detecting information security incidents 33

Вахромеева Е.Н., Трифонов И.А. — Оптимизация передачи данных в архитектуре веб-сервисов
Vakhromeeva E., Trifonov I. — Optimization of data transfer in web services architecture 41

Волков А.А., Отбеткина Т.А., Видманова А.Н. — Повышение эффективности управления обучением на основе данных
Volkov A., Otbetkina T., Vidmanova A. — Improving the effectiveness of data-driven learning management 46

Инь Суузюнь, Афанасьев Г.И., Калистратов А.П. — Метод применения нейронных сетей BERT-BiLSTM-Attention для определения эмоционального отношения автора к тексту
Yin S., Afanasyev G., Kalistratov A. — BERT-BiLSTM-Attention neural networks application method to determine the author's emotional attitude to the text 55

Кардашова З.Р. — Базовая концепция однородных структур
Kardashova Z. — The basic concept of homogeneous structures 59

Лагерев Д.Г., Коптенок Е.В., Фомин И.И. — Исследование методологии хранения данных для реализации системы мастер данных
Lagerev D., Koptenok E., Fomin I. — Research on data storage methodology for the implementation of master data system 64

Мухидинова Н.Ш. — Анализ точности методов Фурье преобразования и вейвлет

© Журнал Современная наука: актуальные проблемы теории и практики: Серия «Естественные и Технические науки»

Mukhidinova N. — Analysis of the accuracy of the Fourier transform and wavelet transform 68

Пасынков В.В. — Формирование перспективной информационной технологии совершенствования частотно-временного обеспечения ГЛОНАСС
Pasynkov V. — Prospective information technology for improving GLONASS time-frequency support development. 74

Перепелкин В.Ю. — Использование рекуррентных нейросетей сетей для прогнозирования временных рядов
Perepelkin V. — Using recurrent neural networks for time series forecasting. 80

Попов А.А., Тихонов М.Р., Шикула О.С. — Планирование технологических процессов с учётом развёртывания функции качества
Popov A., Tikhonov M., Shikula O. — Planning of technological processes, taking into account the deployment of the quality function 83

Попукайло В.С., Хаджи М.С. — Проектирование модуля интеграции онлайн просмотра и редактирования документов
Popukaylo V., Hadzhi M. — Designing the module for online document viewing and editing integration . .91

Потапенко А.В. — Информационная безопасность операционной банковской деятельности: подходы, методы и практические рекомендации для повышения эффективности решения основных функциональных задач
Potapenko A. — Information security of operational banking: approaches, methods and practical recommendations for improving the efficiency of solving the main functional tasks 99

Русаков А.М., Филатов В.В., Долженков С.С., Голубев Д.Д., Сараев Д.А., Шагиджанян А.А. — Разработка анализатора надежности веб-приложения на основе моделирования сетевых атак
Rusakov A., Filatov V., Dolzhenkov S., Golubev D., Saraev D., Shakhidzhanyan A. — Development of a web application security analyzer based on network attack modeling 105

Русаков А.М., Филатов В.В., Долженков С.С., Антонов Э.П., Андреев Д.И., Куликов Д.М. — Разработка системы оптического распознавания символов на изображениях для автоматизации проверок безопасности
Rusakov A., Filatov V., Dolzhenkov S., Antonov E., Andreev D., Kulikov D. — Development of an optical character recognition system for the automation of security checks 113

Савельев И.А. — Методы и модели повышения уровня защищенности удаленных запросов на исполнение транзакций
Savelyev I. — On the prospects for the introduction of biometric information into a graphical speech signal format 119

Сальников Е.А., Демидов Л.Н. — Методы и системы защиты информации в организации
Salnikov E., Demidov L. — Methods and systems of information protection in the organization 126

Семенов И.А., Юдовский В.Ю., Ермаков М.Д., Чобанян С.А., Демидов Л.Н. — Определение целевых метрик для оценивания эффективности внедрения информационно-технологического проекта по оптимизации логистики на предприятии по продаже автозапчастей
Semenov I., Yudovskiy V., Ermakov M., Chobanyan S., Demidov L. — Determination of target metrics to assess the effectiveness of the implementation of an information technology project to optimize logistics at an auto parts sales enterprise 133

Тушавин В.А. — Системный подход к управлению рисками
Tushavin V. — Systems thinking in risk management. 138

Хакимова З.Н. — Дискретные группы и решения степенных дифференциальных уравнений орбиты тангенсов обобщённого уравнения Эмдена-Фаулера
Khakimova Z. — Discrete groups and solutions of power differential equations of the orbit of tangents of the generalized Emden-Fowler equation. 144

Цесарь А.А., Иващук О.А. — Задача планирования ремонтных работ на улично-дорожной сети в нечеткой постановке
Tsesar A., Ivashchuk O. — The task of planning repair work on the road network in a fuzzy formulation . 153

Чекмарев М.А. — Алгоритм защиты систем машинного обучения от угрозы модификации модели путем выявления внедренных вредоносных данных

Chekmarev M. — An algorithm to protect machine learning systems from the threat of model modification by detecting embedded malicious data. 160

Шариков П.И. — Методика создания и скрытого вложения цифрового водяного знака в байт-код class-файла на основе не декларированных возможностей виртуальной машины java
Sharikov P. — Based on undeclared capabilities of a java virtual machine 165

Шунгаров Х.Д., Боташев Р.А. — Решение задачи выбора оптимального варианта инвестирования
Shungarov H., Botashev R. — Solving the problem of choosing the optimal option investing. 175

Эдгулова Е.К., Хаширова Т.Ю., Бозиева А.М., Гурфова Р.В. — Нечеткое моделирование в задачах оценки деятельности организации (вуза)
Edgulova E., Khashirova T., Bozieva A., Gurfova R. — Fuzzy modeling in the tasks of evaluating the activities of an organization (university) 179

Ян Тяньци, Афанасьев Г.И., Калистратов А.П., Афанасьев А.Г. — Сравнительный анализ рекомендательных алгоритмов для определения персональных предпочтений на основе нейронных сетей
Yang T., Afanasyev G., Kalistratov A., Afanasyev A. — Comparative analysis of recommendation algorithms for determining personal preferences based on neural networks 187

Клиническая медицина

Аракелян В.С., Букацелло Р.Г., Папиташвили В.Г., Черных Н.А. — Успешный случай эндопротезирования аневризмы брюшного отдела аорты у пациента с высокими операционными рисками и краткий обзор факторов разрыва
Arakelyan V., Bukatsello R., Papitashvili V., Chernykh N. — A successful case of endoprosthesis of an abdominal aortic aneurysm in a patient with high operational risks and a brief overview of rupture factors 193

Бугаева Е.И., Жмеренецкий К.В., Дьяченко С.В. — Влияние COVID-19 на сердечно-сосудистую систему
Bugaeva E., Zhmereneckij K., D'yachenko S. — Effects of COVID-19 on the cardiovascular system. 199

Васильев Ю.Л., Дарауше Хади Маджед Соуд, Скворцова Е.Н., Ефремова А.В., Фролова К.Е., Зюлькина Л.А., Евтушенко А.И., Моисеева Р.В. — Типы направляющего устройства для инъекций в пределах крыловидно-нижнечелюстного пространства для блокады нижнего альвеолярного нерва
Vasiliev Yu., Daraushe Hadi Majed Soud, Skvortsova E., Efremova A., Frolova K., Zyulkina L., Evtushenko A., Moiseeva R. — Types of a guide device for injections within the pterygoid-mandibular space for blockage of the inferior alveolar nerve 204

Воропаева С.В., Скляров Б.А., Проскурякова А.А., Молчанов В.А., Павлов Б.В. — Анализ карт вызовов скорой медицинской помощи к пациентам с диагнозом вирусная пневмония, ассоциированная с новой коронавирусной инфекцией
Voropaeva S., Sklyarov B., Proskurikova A., Molchanov V., Pavlov B. — Analysis of emergency call cards for patients diagnosed with viral pneumonia associated with a new coronavirus infection. 210

Гендугова О.М., Абрегова Ж.А., Уначева М.А., Шугушева Р.М., Чабаева Т.К. — Интрасептальная анестезия при лечении стоматологических заболеваний у детей 6–12 лет
Gendugova O., Abregova Zh., Unacheva M., Shugusheva R., Chabaeva T. — Intractptal anesthesia in the treatmtnt of the dental diseases n children aged 6–12 years 216

Жалилов А.К., Вищипанов А.С., Ахматов Я.Р. — Острый коронарный синдром, обусловленный миокардиальным мостиком
Jalilov A., Vischipanov A., Akhmatov Ya. — Acute coronary syndrome caused by myocardial bridge 218

Каллаева А.Н., Рамазанов Р.С., Гаджиева Т.А., Османова А.В., Гусейнова Р.К., Атаева З.Н., Газиева П.А. — Хроническая церебральная венозная недостаточность и ультразвуковые признаки нарушения венозного кровообращения
Kallaeva A., Ramazanov R., Gadzhieva T., Osmanova A., Guseynova R., Atayeva Z., Gazieva P. — Ultrasonic signs of violation of venous blood circulation and clinical manifestations of chronic cerebral venous insufficiency 222

Трифонов Ф.А., Кучеров В.В., Петросян А.П., Надинский Д.О., Игольников И.Б., Крикунова Л.И. — Место рентгенхирургии в онкогинекологии
Trifonov F., Kucherov V., Petrosyan A., Nadinsky D., Igolnikov I., Krikunova L. — The place of X-ray surgery in oncogynecology 228

Черепахин Д.И., Аронов П.В. — Тактики лечения пациентов с шизофренией и сахарным диабетом 2 типа
Cherepakhin D., Aronov P. — Tactics of treatment of patients with schizophrenia and type 2 diabetes mellitus 233

Чижиков А.В., Абдуллин З.С., Яковлева О.Г., Шарипов У.Ф., Мухтаров И.В., Абдуллин И.С. — Восстановление дыхательного резерва легких у пациентов перед операцией
Chizhikov A., Abdullin Z., Yakovleva O., Sharipov U., Mukhtarov I., Abdullin I. — Restoration of the respiratory reserve of the lungs in patients before surgery. 239

Информация

Наши авторы. Our Authors 245

Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале 249

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.10

ГЕНОТОКСИЧНЫЕ И АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ACHILLEA BIEBERSTEINII И HELICHRYSUM ARENARIUM

GENOTOXIC AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF MEDICINAL PLANTS ACHILLEA BIEBERSTEINII AND HELICHRYSUM ARENARIUM

R. Gurbanov
P. Dzhambetova
Z. Bisultanova

Summary: medicinal plants Achillea biebersteinii and Helichrysum arenarium collected in the mountains of Nozhai-Yurt and Shatoi regions of the Chechen Republic were studied. The work was carried out by two methods: Lux-test and Survival test using luminescent strains of Escherichia coli. Studies were conducted on the subject of genotoxicity/antigenotoxicity, oxidative stress/antioxidant effect and bactericidal effect. Infusions of A.biebersteinii and H.arenarium have bactericidal properties, while certain concentrations can increase the viability of bacteria. A.biebersteinii has antioxidant and antigenotoxic effects, potentially infusions >1 g are genotoxic and capable of inducing oxidative stress. H.arenarium infusions have an antioxidant effect that increases with increasing concentration, is able to have an antigenotoxic effect, and also increase genotoxicity together with dioxidine depending on the concentration.

Keywords: medicinal plants, Achillea biebersteinii, Helichrysum arenarium, genotoxicity, antioxidant activity, E.coli MG1655 lux biosensor.

Гурбанов Руслан Гурбанович
Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, г. Грозный
ruslan.gurbanov2013@yandex.ru
Джамбетова Петимат Махмудовна
Профессор, Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, Грозный
petimat-lg@rambler.ru
Бисултанова Зура Исановна
ст. преподаватель, Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, Грозный
zura_sun@mail.ru

Аннотация. Исследованы лекарственные растения Achillea biebersteinii и Helichrysum arenarium, собранные в горах Ножай-Юртовского и Шатойского районов Чеченской республики. Работа проведена двумя методами: Lux-test и Тест на выживаемость с использованием люминесцентных штаммов Escherichia coli. Исследования проводились на предмет генотоксичности/антигенотоксичности, окислительного стресса/антиоксидативного эффекта и бактерицидного эффекта. Настои A.biebersteinii и H.arenarium обладают бактерицидными свойствами, при этом определённые концентрации способны повышать жизнеспособность бактерий. A.biebersteinii имеет антиоксидантное и антигенотоксичное действие, потенциально настои >1 г генотоксичны и способны к индукции окислительного стресса. Настои H.arenarium обладают антиоксидантным действием, который увеличивается по мере увеличения концентрации, способен оказывать антигенотоксичное действие, а также повышать генотоксичность совместно с диоксидином в зависимости от концентрации.

Ключевые слова: лекарственные растения, Achillea biebersteinii, Helichrysum arenarium, генотоксичность, антиоксидативность, люкс-биосенсор E.coli MG1655.

Введение

Существует долгая история фитотерапии в различных регионах России, Европы, Америки и т.д. Китайцы на протяжении более 8000 лет используют лекарственные растения и травы в народной медицине. Затем эта традиционная медицина с некоторой модификацией под местные условия распространилась и на другие близлежащие к Китаю страны Япония и Корея [1, 2]. Фитотерапия Китая и других стран с богатой традиционной медициной до сих пор привлекает к себе внимание, т.к. эти растения являются глобально ценными источниками новых лекарственных средств. В Европе используется более 1300 лекарственных растений, из которых 90 % собирают из дикой природы; в США около 118 из 150 лучших рецептурных препаратов основаны на природных источниках [3]. С ростом спроса на растительные препараты, натуральные продукты для здоровья и вторичные метаболиты лекарственных растений использование лекарственных растений быстро растет во всем мире [4, 5]. Следствием является рост количества исследований различных видов лекарственных растений на предмет содержания не только положительных (лечебных) свойств, но и негативных в виде генотоксичности, канцерогенности, оксидативного стресса, к примеру.

Achillea, который принадлежит к семейству Compositae (Asteraceae), является родом, насчитывающим более 100 видов по всему миру. Виды Achillea использовались в народной медицине и продавались в травяных магазинах. Травяные чаи, приготовленные из некоторых видов Achillea, традиционно используются при болях в животе и метеоризме в разных странах. Настой сухой или свежецветущей травы используется бедуинами для лечения кашля, ароматического горь-

кого желудочного и глистогонного средства [6]. Составляющими рода Achillea являются в основном терпены (эфирное масло): хамазулен, борнеол, азулены, камфора, альфа- и бета-пинены, флавоноиды, глюкозиды иононов, фенольные кислоты, сесквитерпеновые лактоны и терпеноиды. Фенольные кислоты являются сильными антиоксидантами [7, 8, 9]. Хотя эти лекарственные многолетние корневищные растения являются родными для Европы и Западной Азии, они также встречаются в Австралии, Новой Зеландии и Северной Америке [10]. Achillea biebersteinii (Тысячелистник Биберштейна) является степным видом, хотя встречается в предгорьях и горных склонах до высоты 3000 м. Применяется в качестве гипогликемического (способствует гемостазу), нервно-тонизирующего, противогеморроидального, противодиарейного, антацидного, антигельминтного, гербицидного, ветрогонного и антибактериального средств [11, 12]. Эти фармакологические свойства в основном связаны с фенольными и полифенольными соединениями, которые хорошо известны как антиоксидантные агенты [13, 14]. Клинические данные показали, что антиоксиданты эффективны при лечении различных заболеваний, включая атеросклероз, артрит, ишемию и реперфузионное повреждение многих тканей, повреждение центральной нервной системы, гастрит и рак, и полезны для процесса заживления ран [15].

Экстракты листьев A. biebersteinii в одном из исследований имели высокую антиоксидантную активность (использовалась культура клеток фибробластов человека), также показали самое высокое содержание фенола и флавоноидов (спектрофотометрический метод). По-видимому, более высокая антиоксидантная активность экстрактов A. biebersteinii по сравнению с экстрактами A. eriophora может быть связана с их более высоким содержанием фенолов и флавоноидов. Авторы отметили, что данные растения являются хорошими источниками природных антиоксидантов и могут заменить синтетические пищевые консерванты [16].

Helichrysum arenarium (Бессмертник песчаный) относится к семейству Asteraceae, естественным ареалом растения является Средняя Азия и Европа, произрастает в Европейской части России, Западной Сибири и Кавказе. Аптечные лекарственные препараты из H. renarium обладают гепатопротекторным, антимикробным и желчегонным действием [17]. Химический состав растительного экстракта данного вида: флавоноиды (например, флаванон нарингенин и апигенин, халкон), витамиы (C, K), высокомолекулярные спирты, смолы, эфирное масло, дубильные вещества, кислоты и др. Известно, что водный раствор спиртового экстракта H.arenarium обладает противоопухолевой активностью и способен задерживать рост перевиваемой саркомы-45 [18].

Материалы и методы

Лекарственные растения A.biebersteinii и H.arenarium были собраны в горах Ножай-Юртовского и Шатойского районов Чеченской Республики.

Приготовление настоев. Настои изготавливались из высушенной надземной части растения, которая перемалывалась до порошкообразного состояния в лабораторной мельнице VLM-6 (Вилитек). Перемолотое сырье помещали в стеклянную посуду, заливали кипяченной дистиллированной водой, накрывали крышкой и оставляли в теплом месте на 15 минут. После сырье отжимали и фильтровали через стерильную марлю. Объем полученного настоя доводили кипяченным дистиллятом до первоначального объёма. Исследуемые концентрации настоев (г/10 мл): 0,0625; 0,125; 0,25; 0,5; 1. В качестве положительного контроля и индуктора (k+, генотоксиканта/оксиданта), в зависимости от варианта эксперимента, использовался диоксидин ($2{,}25*10^{-3}$ М) /пероксид водорода (10^{-3} М).

Lux-test. Основывается на использовании люкс-биосенсоров Escherichia coli MG1655, имеющие специально сконструированные плазмиды варианта pBR322, несущие оперон luxCDABE бактерии Photorhabdus luminescens, поставленные под индуцируемый промотор, активирующийся при появлении в среде определённых химических агентов [19]. В эксперименте использовались штаммы, регистрирующие окислительный стресс: pSoxS-lux и pKatG-lux, а также ДНК-тропные агенты: pColD-lux и pRecA-lux. Штаммы любезно предоставлены д-р биол. наук, проф. Абилевым С.К. (ИОГен им. Н.И. Вавилова, Москва).

В качестве питательной среды для бактерий использовалась среда Луриа-Бертани (LB), в которую добавляли антибиотик ампициллин (100 мкг/мл). Ночная культура (НК) культивировалась в течение 17 часов в термостате при 37°C до ранней экспоненциальной фазы. После НК разбавляли питательной средой (или физиологическим раствором) до плотности 0,1 ед. Макфарланда (измеряли на денситометре DEN-1 «BioSan», Латвия). Разведённую среду культивировали в течение двух часов при 37°C в термостате с аэрацией на качалке при 120 об/мин до ранней экспоненциальной фазы. Аликвоты качалочной культуры закапывали в лунки микропланшета с исследуемым веществом в соотношении 9:1. Микропланшет с культурой и анализируемым веществом культивировался при 37°C по времени: pKatG-lux — 45 мин., pSoxS-lux — 60 мин., pColD-lux — 90 мин., pRecA-lux — 60 мин. Уровень люминесценции измеряли на микропланшетном люминометре Luminometer photometer LM 01A (IMMUNOTECH s.r.o, Czech Republic) и выражали в относительных световых единицах (RLU) [20].

Тест на выживаемость E.coli. Под выживаемостью понимается изменение количества бактерий и их способности образовывать колонии с увеличением концентраций веществ. Тест на выживаемость включает в себя следующие два штамма: pKatG-lux и pColD-lux. Методика схожа с Lux-test, использовалась та же среда LB. НК культивировали в течение 10–17 часов при 37°C, после чего разбавляли её питательной средой до плотности 0,1 ед. Макфарланда. Полученную культуру термостатировали в течение двух часов при 37°C с дополнительной аэрацией при помощи качалки (120 об./мин). Добавляли по 200 мкл исследуемых настоев в 2 мл жидкой культуры. И в зависимости от варианта эксперимента, дополнительно добавляли либо 100 мкл оксиданта, либо 100 мкл генотоксиканта. Затем, полученную суспензию с бактериальной культурой, культивировали при 37°C в течение 1.5 ч. Далее, инкубированную культуру пошагово разбавляли в физиологическом растворе в 103, 104 и 105. Полученные разбавления, сеяли по 100 мкл на чашки Петри с твердой LB-средой. После 17 ч культивирования при той же температуре, подсчитывали число колониеобразующих единиц (КОЕ), то есть число колоний, выросших на твердой питательной среде.

R — фактор индукции. R рассчитан для минимальной (достоверное повышение уровня свечения) и максимальной (максимальный уровень свечения) концентраций настоев по формуле: R = Iind /I0, где I0 — уровень спонтанной люминесценции культуры (дистиллированная вода), Iind — уровень индуцированной люминесценции культуры.

Результаты

В таблице 1 и 2, приведены данные по настоям A.biebersteinii и H.arenarium, которые исследовали методом Lux-test. В таблице 3 и 4, приведены данные полученные методом Теста на выживаемость E.coli.

Все отдельные концентрации A.biebersteinii (табл. 1), протестированные на штаммах pKatG-lux и pSoxS-lux, оказали бактерицидный эффект, за исключением концентрации в 1 г, которая вызвала оксидативный стресс в бактериальных клетках. Фактор индукции составил 1,137 (pKatG-lux) и 1,592 (pSoxS-lux). С увеличением отдельных концентраций данного лекарственного растения на штаммах pColD-lux и pRecA-lux, увеличивается и бактерицидный эффект, пик приходится на самую большую концентрацию исследования в 1 г, фактор индукции составил 0,642 (pColD-lux) и 0,556 (pRecA-lux).

A.biebersteinii совместно с перекисью водорода (оксидант) на штаммах pKatG-lux и pSoxS-lux, оказало антиоксидативный эффект, который увеличивается по мере уменьшения концентрации данного лекарственного растения, так, на штамме pSoxS-lux концентрация в 0,0625 г имела следующее значение R=7,53, а концентрация в 0,125 г на штамме pKatG-lux фактор индукции был 8,67.

Таблица 1.

Влияние настоев A.biebersteinii на биолюминесцентные штаммы E. coli.

Lux-штамм	Индукция люминесценции в бактериальных lux-биосенсорах, отн. ед.			
	pSoxS-lux	pKatG-lux	pColD-lux	pRecA-lux
Iind (k+)	106651,8±3229,796	82594±5493,666	30592±1164,113	227570±18136,36
I0 (k-)	11110,83±349,9899	7106,75±97,01186	3546,125±69,34507	109324,7±7292,48
Iind/I0 (R)	9,598	11,621	8,626	2,081
Отдельные концентрации				
0,0625 г	10042,38±327,0708	5842,708±225,9549	3276,417±71,113	83285,79±4553,923
0,125 г	8609,583±189,4792	4827,125±148,8405	2743,167±41,6567	73991,33±4410,664
0,25 г	7763,125±131,9216	4418,875±106,7157	2441,292±31,91319	63966,92±3420,445
0,5 г	8633,048±273,3768	4789,917±117,5598	2400,458±35,55676	61758,92±3093,983
1 г	17686,13±917,8978	8082,583±707,7328	2276,042±26,53467	60801,42±3021,268
Дополнительные вещества	Концентрации с перекисью водорода (10^{-3} М)		Концентрации с диоксидином ($2,25*10^{-3}$ М)	
0,0625 г и (k+)	83760,13±3228,83	64651,04±2072,276	26204,25±687,6149	172399,3±15520,78
0,125 г и (k+)	85321,42±3476,536	61607,58±2899,419	26568,67±726,0103	162595,3±14766,14
0,25 г и (k+)	90357,33±4417,598	64426,46±3338,97	29386,79±1203,017	171166,6±15770,18
0,5 г и (k+)	97183,67±4387,953	68063,92±4038,323	33776,54±2176,062	184078,4±15910,9
1 г и (k+)	102724,5±3972,249	68858,67±4183,965	47722,21±4429,582	210128±14519,15
Достоверность определяли по t-критерию Стьюдента, значение составило $p<0,05$.				

Таблица 2.

Влияние настоев H.arenarium на биолюминесцентные штаммы E. coli.

Lux-штамм	Индукция люминесценции в бактериальных lux-биосенсорах, отн. ед.			
	pSoxS-lux	pKatG-lux	pColD-lux	pRecA-lux
Iind (k+)	112775,6±4271,825	167895,3±2285,127	40400,71±837,9385	138809,3±4161,709
I0 (k-)	10593,83±220,1816	11228,17±333,6326	4613,222±125,379	79830,04±3354,175
Iind/I0 (R)	10,645	14,953	8,757	1,738
Отдельные концентрации				
0,0625 г	10138,63±310,8955	10297,08±510,5386	4722,417±100,4869	80828,29±1917,753
0,125 г	8575,542±229,2899	7907,792±399,8265	3902,125±91,91309	74691,04±1800,274
0,25 г	7886,5±240,7601	6834,542±377,5122	3474,708±97,8141	71956,13±2305,959
0,5 г	8019,542±282,05	6407,75±386,4477	3212,833±92,20388	70739,13±2386,309
1 г	8788,25±220,7993	7076,542±529,5087	2918,833±162,1832	66632±2663,53
Дополнительные вещества	Концентрации с перекисью водорода (10^{-3} М)		Концентрации с диоксидином ($2,25*10^{-3}$ М)	
0,0625 г и (k+)	79064,04±2902,44	98721,75±3641,19	39244,63±2108,655	116186,3±3615,045
0,125 г и (k+)	70705,46±2030,53	79573,42±4750,945	45168,46±2451,184	129796,2±3674,105
0,25 г и (k+)	75211,67±2420,873	77720,5±4751,853	50197,88±2533,288	176925,4±4034,574
0,5 г и (k+)	66797,08±1758,849	72053,88±4301,828	69446,04±2236,523	192389,3±3330,91
1 г и (k+)	63273,17±1261,753	70202,46±4382,864	51342,29±3008,007	206837,3±3606,794
Достоверность определяли по t-критерию Стьюдента, значение составило p<0,05.				

Таблица 3.

Влияние настоев A.biebersteinii на жизнеспособность биосенсоров pKatG-lux и pColD-lux.

Концентрация вещества и вариант разведения	Штаммы					
	10^3		10^4		10^5	
	pKatG-lux	pColD-lux	pKatG-lux	pColD-lux	pKatG-lux	pColD-lux
Концентрация настоев						
k+	1966±315,5	1335	592±32	528	44±10	64
k-	2254±120,5	2012	705±13	731	45±23	91
0,0625 г	2340±158	2656	464±133	730	66±65,5	197
0,125 г	1344±336	2416	246±37	320	31±6,5	44
0,25 г	2604±69	2466	500±98	696	73±4,5	82
0,5 г	2308±332	1644	449±50,5	550	46±0,5	45
1 г	2066±367	1332	447±47,5	352	40±10	60
Концентрация настоев и положительного контроля (k+) диоксидина ($2,25*10^{-3}$ М) или перекиси водорода (10^{-3} М)						
0,0625 г и (k+)	1840±218	2276	479±77,5	634	56±12	80
0,125 г и (k+)	1957±582	3121	533±138,5	810	59±5,5	70
0,25 г и (k+)	1766±199	2164	388±93	574	44±18	80
0,5 г и (k+)	1911±336,5	2584	423±55,5	534	45±5	55
1 г и (k+)	2029±90,5	2210	468±	620	53±13	79
Достоверность определяли по t-критерию Стьюдента, значение составило p<0,05.						

Таблица 4.

Влияние настоев H.arenarium на жизнеспособность биосенсоров pKatG-lux и pColD-lux.
Числа КОЕ показывают количество бактерий в 0,1 мл аликвоты, перенесенной из разведения на чашки Петри

Концентрация вещества и вариант разведения	Штаммы					
	10^3		10^4		10^5	
	pKatG-lux	pColD-lux	pKatG-lux	pColD-lux	pKatG-lux	pColD-lux
Концентрации настоев						
k+	1545±49,5	1644	465±11	443	35±237	509
k-	2282±821,49	639	252±25	302	62±71	204
0,0625 г	851±188,5	474	318±39	396	59±3	65
0,125 г	1484±309,5	865	478±10,5	457	67±3	73
0,25 г	2074±330,5	1413	668±62	544	68±113,5	295
0,5 г	2329±473	1383	754±143	468	85±16,5	118
1 г	2375±300	1775	832±46	740	87±31	149
Концентрации настоев и положительного контроля (k+) диоксидина ($2,25*10^{-3}$ М) или перекиси водорода (10^{-3} М)						
0,0625 г и (k+)	1764±35,5	1693	650±144,5	361	67±27,5	122
0,125 г и (k+)	1788±41	1706	659±48,5	562	59±71	201
0,25 г и (k+)	1039±281,5	1602	559±10	539	68±8	84
0,5 г и (k+)	1199±108	1415	561±20	601	54±43	140
1 г и (k+)	1100±150,5	1401	620±18,5	657	82±28	138
Достоверность определяли по t-критерию Стьюдента, значение составило $p<0,05$.						

Настои A.biebersteinii с диоксидином (генотоксикант) на штаммах pColD-lux и pRecA-lux оказало, как антигенотоксичный эффект, так и увеличило генотоксичность суспензии. На штамме pColD-lux начиная с концентрации 0,5 г увеличивается генотоксичность суспензии, для 1 г R=13,46, а ниже 0,5 г концентрации проявляют антигенотоксичный эффект, для 0,0625 г R=7,389. На штамме pRecA-lux не отмечается синергетический эффект в виде увеличения генотоксичности суспензии, присутствует антигенотоксичность пик у которой приходится на концентрацию в 0,125 г R=1,487.

Все отдельные концентрации H.arenarium на всех четырех штаммах оказали бактерицидный эффект. Фактор индукции для 1 г имел следующие значения: 0,630 (pKatG-lux); 0,829 (pSoxS-lux); 0,632 (pColD-lux); 0,835 (pRecA-lux).

Концентрации H.arenarium совместно с перекисью водорода на штаммах pSoxS-lux и pKatG-lux, оказали антиоксидативный эффект, который увеличивался по мере увеличения концентрации настоев, так, для 1 г R=5,973 (pSoxS-lux) и 6,219 (pKatG-lux). Настои данного лекарственного растения на штаммах pColD-lux и pRecA-lux имело как антигенотоксичный эффект, так и синергетический в виде повышения генотоксичности диоксидина. На штамме pColD-lux концентрация 0,0625 г понизила генотоксичность, а более высокие концентрации увеличили генотоксичность. На штамме pRecA-lux наблюдается схожая тенденция: концентрации 0,0625 (R=1,455) и 0,125 г (R=1,626) понижают генотоксичность, а более высокие концентрации повышают генотоксичность суспензии, 1 г R=2,59.

В таблице 3 представлены полученные результаты изучения бактерицидности A.biebersteini, полученные с помощью теста на выживаемость. В дальнейшем, все отдельные концентрации будут сравниваться с отрицательным контролем, а совместное действие с положительным контролем.

Числа КОЕ показывают количество бактерий в 0,1 мл аликвоты, перенесенной из разведения на чашки Петри. Концентрации A.biebersteinii на штамме pKatG-lux повышали жизнеспособность бактерий, пик приходился на 0,25 г настоя и повысил жизнеспособность в 1,155. Концентрация в 1 г понижала выживаемость бактерий в 0,916. Данные по концентрации в 0,125 г не являлись статистически достоверными. Совместное действие с перекисью водорода было синергическим, пик бактерицидности пришелся на 0,25 г (в 0,898). Отдельные концентрации на штамме pColD-lux повышали жизнеспособность бактерий, за исключением концентраций 0,5 г и 1 г, которые оказывали бактерицидный эффект (0,817 и 0,662) по мере увеличения. Концентрация 0,0625 г повысила выживаемость бактерий в 1,704. При совместном

действии с диоксидином не было выявлено бактерицидного эффекта, т.к. настои лимитировали генотоксичное действие.

Результаты по разведению 10^4 следующие: со штаммом pKatG-lux настойка A.biebersteinii оказала бактерицидный эффект (1 г в 0,634). Статистически недостоверным оказался результат, полученный при концентрации 0,125 г. При совместном воздействии проявился синергитический эффект, понизив в 0,55 жизнеспособность бактерий при концентрации 0,25 г и перекиси водорода. На штамме pColD-lux при увеличении концентрации усиливался бактерицидный эффект. Так, 1 г настойки усиливал в 0,481. При совместном воздействие с диоксидином бактерицидный эффект был на уровне положительного контроля. Результаты исследования при разведении 10^5 не показали достоверного эффекта (табл. 3).

Исследование при разведении настойки H.arenarium в 10^{-3} на штамме pKatG-lux показали следующие результаты: концентрации 0,0625 г (в 0,373), 0,125 г (в 0,65), 0,25 г (в 0,91) оказывали бактерицидное действие, концентрации 0,5 г и 1,0 г усиливали жизнеспособность бактерий в 1,02 и 1,041. При совместном действии с перекисью водорода отмечался синергический эффект, который увеличивался по мере увеличения концентрации. На штамме pColD-lux концентрация 1 г повысили жизнеспособность бактерий в 2,777. Совместное действие с диоксидином не продемонстрировало значимых отличий с положительным контролем, за исключением концентраций в 0,5 г (0,861) и 1 г (0,852), которые понизили генотоксичность суспензии.

Результаты по разведению 10^{-4} следующие: на штамме pKatG-lux, все отдельные концентрации повышали жизнеспособность бактерий, так, 1 г в 3,301 повысил. Совместное действие настоев с перекисью водорода усилило оксидативный стресс. Отдельные концентрации на штамме pColD-lux также повысили жизнеспособность бактерий, например, 1 г в 2,45, и с увеличением концентрации повышали её. При совместном действии для всех концентраций, диоксидин снижал выживаемость бактерий. Так, при концентрации 1 г выживаемость снизилась в 2,17 по сравнению с отрицательным контролем.

Результаты по разведению 10^{-5} не являлись статистически достоверными.

Обсуждение

Согласно полученным результатам Lux-test, отдельные концентрации A.biebersteinii оказывали бактерицидный эффект на всех штаммах, который усиливался при увеличении концентрации настоев, за исключением настоя в 1 г, который индуцировал окислительный стресс в бактериальных клетках. При совместном действии с перекисью водорода/диоксидином, настои оказывали ингибирующее действие на данные индукторы стресса и генотоксичности, которое усиливалось по мере снижения концентрации, что требует дальнейшего изучения с целью поиска наболее эффективной дозировки.

Также можно отметить, что при концентрации настоев более 1 г усиливается генотоксичность и оксидативный стресс, об этом свидетельствует тенденция приближения люминесценции к уровню положительного контроля высококонцентрированных настоев, а также концентрации >0,5 г, которые уже превышают уровень положительного контроля (диоксидин) на штамме pColD-lux.

Тест на выживаемость бактерий в культивировании с A.biebersteinii по разведениям 10^3 и 10^4 на штамме pKatG-lux показали неоднозначные результаты. Тем не менее, в двух разведениях присутствовали концентрации, оказывающие бактерицидный эффект. Так, при концентрациях от 0,0625 до 0,5 г усиливалась жизнеспособность бактерий при сравнении с отрицательным контролем. Все отдельные концентрации 10^4 обладали бактерицидным эффектом. Совместное действие с перекисью водорода на данном штамме оказывало бактерицидный эффект, который был сильнее, чем по отдельным концентрациям суспензии. На штамме pColD-lux 10^3 концентрации 0,5 г и 1 г обладали бактерицидным свойством. При совместном действие жизнеспособность бактерий повышалась при разведении в 10^3. При 10^4 также повышалась жизнеспособность в сравнение с положительным контролем, но не превышала уровня отрицательного контроля. При разведении в 105 результаты не были статистически достоверными.

Все отдельные концентрации H.arenarium обладают бактерицидным действием. Концентрации H.arenarium совместно с перекисью водорода на штаммах pSoxS-lux и pKatG-lux, оказали антиоксидативный эффект, который увеличивался по мере увеличения концентрации настоев.

Необходимо отметить, что низкие и высокие концентрации суспензии на штаммах pColD-lux и pRecA-lux могут проявить противоположные эффекты. Так, на штамме pColD-lux концентрация 0,0625 г показала антигенотоксическое действие, а при увеличении концентрации отмечается усиление генотоксичности. Также проявляется синергический эффект при совместном действии настоя высоких концентрация и диоксидина в виде увеличения генотоксичности.

Штамм pRecA-lux показал подобные эффекты: концентрации 0,0625 (R=1,455) и 0,125 г (R=1,626) понизили генотоксичность, а более высокие концентрации повысили генотоксичность суспензии, 1 г R=2,59.

Тест на выживаемость бактерий в культивировании с H.arenarium по разведению в 10^3 на штамме pKatG-lux показали бактерицидное действие в отдельных концентрациях 0,0625 г (в 0,373), 0.125 г (в 0,65), 0.25 г (в 0,91). Однако, при увеличении концентрации до 0,5 г и 1 г отмечается увеличение жизнеспособности бактерий в 1,02 и 1,041.

Все отдельные концентрации при разведении в 10^4 повышали жизнеспособность бактерий по мере увеличения концентрации настоев, что требует дальнейшего исследования при более высоких дозировках для полноценной картины влияния. Совместное действие (разведение 10^3) с перекисью водорода оказало синергетический эффект, который усиливался по мере увеличения концентрации. Также, совместное действие (10^4) настоев с перекисью водорода усиливало оксидативный стресс. На штамме pColD-lux, разведения 10^3, отдельные концентрации повысили жизнеспособность бактерий в 2,777 (1 г). Совместное действие с диоксидином не продемонстрировало значимых отличий с положительным контролем, за исключением концентраций в 0,5 г (0,861) и 1 г (0,852), которые понизили генотоксичность. В разведение 10^4, отдельные концентрации на штамме pColD-lux также повысили жизнеспособность бактерий в 2,45 (1 г) и с увеличением концентрации повышали её, что требует дальнейшего исследования при более высоких концентрациях. При совместном действии для всех концентраций, диоксидин снижал выживаемость бактерий в допустимых пределах, в 2,17 (1 г) при сравнении с отрицательным контролем. Разведения в 10^5 не дали статистически достоверных данных.

Выводы

- Настои лекарственных растений A.biebersteinii и H.arenarium, собранных на горных территориях Чеченской Республики обладают бактерицидными свойствами.
- Настои A.biebersteinii обладают антиоксидантным и антигенотоксичным действием.
- Потенциально настои >1 г A.biebersteinii генотоксичны и способны к индукции окислительного стресса в бактериальной клетке.
- Некоторые концентрации настоев A.biebersteinii и H.arenarium способны повышать жизнеспособность бактерий.
- Настои H.arenarium обладают антиоксидантным действием, который увеличивается по мере увеличения концентрации.
- Настои H.arenarium оказывают антигенотоксичное действие, но могут усиливать генотоксичность совместно с диоксидином.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dražar P., Moravcova J. Recent advances in analysis of Chinese medical plants and traditional medicines. J. Chromatogr. B, 812 (2004), pp. 3–21.
2. S. Bent, R. Ko. Commonly used herbal medicines in the United States: a review. Am. J. Med., 116 (2004), p. 478–485.
3. Balunas MJ, Kinghorn AD. Drug discovery from medicinal plants. Life Sci. 2005;78:431–41.
4. Chen, SL., Yu, H., Luo, HM. et al. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. Chin Med 11, 37 (2016). https://doi.org/10.1186/s13020-016-0108-7.
5. Nalawade SM, Sagare AP, Lee CY, Kao CL, Tsay HS. Studies on tissue culture of Chinese medicinal plant resources in Taiwan and their sustainable utilization. Bot Bull Acad Sin. 2003; 44:79–98.
6. Elgamal, M.H.A., S. Abdelwahab, and H. Duddeck. Constituents of Achillea fragrantissima. Fitoterapia 1991.62: 362.
7. Mahmoud, A.A., and S.S. Al-Shihry. 2006. A new ionone glucoside and terpenoid constituents from Achillea biebersteinii and their antifungal activity. Natural Product Communications 1: 697–703
8. Saeidnia, S., A.R. Gohari, N. Mokhber-Dezfuli, and F. Kiuchi. A review on phytochemistry and medicinal properties of the genus Achillea. DARU 2011. 19: 173–186.
9. Sökmen, Atalay, et al. The in vitro antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil and methanol extracts of Achillea biebersteini Afan. (Asteraceae). Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives. 18.6 (2004): 451–456.
10. Chevallier A. Encyclopedia of herbal medicine. DK Pub. Incorporated; 2000; 336
11. Amiri MS, Joharchi MR. Ethnobotanical investigation of traditional medicinal plants commercialized in the markets of Mashhad, Iran. Avicenna J Phytomed. 2013;3:254–271.
12. Pirbalouti A, Golparvar A. Evaluation of ethnobotany in the region of Chaharmahal & Bakhtyari, West Central Iran. The Abstract book of 48th annual meeting of the Society for Economic Botany, Chicago, Ill., USA. 2007.
13. Fereidon, S., Ambigaipalan P. Phenolics and polypenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects. Journal of Functional Foods, 18 (2015): 820-897. Doi 10.1016/j.jff.2015.06.018.
14. Weber KC, Honório KM, Bruni AT, da Silva AB. The use of classification methods for modeling the antioxidant activity of flavonoid compounds. J Mol Model. 2006;12:915–920.
15. Kumpulainen JT, Salonen JT. Natural antioxidants and anticarcinogens in nutrition, health and disease: proceedings of the Second International Conference on Antioxidants and Anticarcinogens in Nutrition. Royal Society of Chemistry; 1999.
16. Varasteh-Kojourian M, Abrishamchi P, Matin MM, Asili J, Ejtehadi H, Khosravitabar F. Antioxidant, cytotoxic and DNA protective properties of Achillea eriophora DC. and Achillea biebersteinii Afan. extracts: A comparative study. Avicenna J Phytomed. 2017 Mar-Apr;7(2):157–168.
17. Машковский, М.Д. «Лекарственные средства: В 2 т. — 14-е изд., перераб., испр. и доп. М.: ООО Издательство Новая Волна, 1 2000: 540.

18. Скворцова В.В., Наволокин Н.А., Полуконова Н.В. Противотуберкулезная активность экстракта бессмертника песчаного (Helichrysum arenarium) in vitro. Экспериментальная и клиническая фармакология. 2015 г., Том 78, №2, С. 30–33.
19. Игонина Е.В., М.В. Марсова, С.К. Абилев. Lux-биосенсоры: скрининг биологически активных соединений на генотоксичность. / Экологическая генетика. — 2016. — Т. 14.— № 4. — С. 52–62.
20. Smirnova S.V. The effect of deuterium on induction of the ada-regulon with alkylating compounds in the cells of Escherichia coli. Smirnova S.V., Abilev S.K., Igonina E.V., Yankovsky N.K., Glaser V.M., Parmon V.N.Russian Journal of Genetics. 2018. Т. 54. № 8. С. 915–921.

© Гурбанов Руслан Гурбанович (ruslan.gurbanov2013@yandex.ru); Джамбетова Петимат Махмудовна (petimat-lg@rambler.ru);
Бисултанова Зура Исановна (zura_sun@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.11

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЦИНКОВЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ПОДВИЖНОГО ЦИНКА

ECOLOGICAL ROLE OF ZINC MICROFERTILIZERS IN WINTER WHEAT HARVEST FORMATION ON SOIL-PODZOLIC SOILS WITH A LOW CONTENT OF MOBILE ZINC

K. Deputatov
L. Grigorovich

Summary: The biological role of zinc has a dual character: on the one hand, life of the body is impossible without zinc, on the other hand, zinc has a certain toxicity, being a carcinogen. The purpose of the research is to give an ecological assessment of the effect of zinc microfertilizers on the yield and quality of winter wheat grain. Studies have established that the use of zinc fertilizers for foliar feeding of winter wheat provided an increase in yield by 12.5 c/ha or 18.2%, while exceeding the maximum permissible concentrations of zinc in winter wheat grain was not revealed.

Keywords: ecology, zinc, microfertilizer, productivity, winter wheat, grain.

Депутатов Константин Викторович
Аспирант, Калининградский государственный технический университет
integrationservice@mail.ru
Григорович Людмила Михайловна
канд. биол. наук, доцент, доцент, Калининградский государственный технический университет
lyudmila.grigorovich@klgtu.ru

Аннотация. Биологическая роль цинка имеет двойственный характер: с одной стороны, без цинка невозможна жизнедеятельность организма, с другой — цинк обладает определенной токсичностью, являясь канцерогеном. Цель исследований — дать экологическую оценку влияния цинковых микроудобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Исследованиями установлено, что использование цинковых удобрений для некорневых подкормок озимой пшеницы обеспечило увеличение урожайности на 12,5 ц/га или 18,2 %, при этом превышение предельно допустимых концентраций содержания цинка в зерне озимой пшеницы не выявлено.

Ключевые слова: экология, цинк, микроудобрение, урожайность, пшеница озимая, зерно.

Введение

В Российской Федерации основной зерновой культурой является пшеница, доля посевов которой в последние годы в структуре посевных площадей составляет 59 %, а в общем объеме производства зерна около 62 %. В группе продовольственных зерновых культур её удельный вес значительно выше — 93 % [1].

Значительным достижением современной агрономической науки является использование микроэлементов в практике растениеводства. В последние десятилетия возрос интерес к микроудобрениям в связи с углубленным изучением питания растений, позволившим вскрыть важную физиологическую роль многих химических элементов, в том числе и цинка [2].

Поскольку агрохимические средства содержат опасные для окружающей среды тяжелые металлы, требуется контроль за накоплением микроэлементов в растениеводческой продукции при длительном их применении.

Цинк — эссенциальный микроэлемент для всех живых организмов. Оптимальное содержание цинка в почве обеспечивает нормальное протекание всех контролируемых этим элементом процессов, что способствует повышению синтеза сахаров, белковых веществ, содержания хлорофилла, сухого вещества, аскорбиновой кислоты. Кроме того, растения становятся более засухо- и холодоустойчивыми [3].

Цинк участвует во многих физиологических процессах озимой пшеницы, способствует росту междоузлий, повышает жаро-, засухо- и морозоустойчивость растений, содержанию белка в зерне, устойчивость растений к поражению болезнями. Его недостаток в растениях проявляется в виде бледно-желтых полос на листьях параллельно слоеным жилкам. Растения приобретают желтый или оранжевый цвет в ранние фазы онтогенеза, отстают в росте и развитии. Особое внимание на обеспеченность пшеницы цинком нужно обращать при выращивании ее на почвах с высоким содержанием гумуса и фосфора, в случае применения высоких норм азотных и фосфорных удобрений, известкования, низких температур.

Цинк относится к умеренно токсичным элементам. Его избыток подавляет рост и развитие растений, вызывает хлороз листьев, нарушает механизм избирательного поглощения корневой системой питательных элементов. Особенно опасны высокие концентрации обменного цинка в кислых почвах при недостатке калия и кальция.

Главными загрязнителями сельскохозяйственных экосистем тяжелыми металлами являются промышленность, транспорт, а также не рациональное использование удобрений и агрохимикатов. В этих условиях производство продовольственного зерна требует принятия мер для снижения такого негативного воздействия, а оценку его качества следует проводить не только по общепринятым показателям (белок, клейковина и др.), но и по содержанию тяжелых металлов, многие из которых токсичны для животных и человека [4].

Материалы и методы исследования

Полевые исследования по эффективности цинковых микроудобрений при некорневой подкормке озимой пшеницы проводили в 2019–2022 гг. на территории Калининградской области Гвардейского муниципального округа в сельскохозяйственном предприятии ООО «Романовски Агро».

Объектами исследований послужили озимая пшеница и почва дерново-подзолистая, материалами исследования — цинковые микроудобрения.

Характеристика сорта озимой пшеницы. Сорт Скипетр (авторы Полетаев Г.М. и Полетаев А.Г.) включен в Государственный реестр селекционных достижений в 2009 году под номером 9553093, рекомендован для возделывания в Калининградской области с 2016 года. Сорт среднеспелый, вегетационный период 297–338 дней. Высота растений 79–96 см. Зимостойкость повышенная. Устойчив к полеганию. Зерновка окрашенная. Масса 1000 зерен — 38–49 г [5]. Устойчив к твердой головне, умеренно устойчив к бурой ржавчине. Восприимчив к снежной плесени. В полевых условиях слабо поражался мучнистой росой и септориозом.

Характеристика почв опытного участка. По геоморфологическому районированию территория принадлежит к основно-моренному геоморфологическому району, который занимает немного более половины территории Калининградской области. Рельеф — практически плоская равнина.

Почвенные образцы на делянках опыта отбирали до закладки опыта. Почва опытного участка — типичная для области дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая, агрохимическая характеристика почвы представлена в таблице 1.

Почва опытного участка характеризовалась слабокислой реакцией почвенной среды, средним содержанием органического вещества, высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия, низким содержанием подвижных форм цинка.

Таблица 1.

Агрохимическая характеристика почвы на опытных участках (в среднем по годам)

Год	Органическое вещество, %	pHсол.	P_2O_5, мг/кг почвы	K_2O, мг/кг почвы	Zn, мг/кг почвы
2019	2,3	5,2	214	161	1,73
2020	2,3	5,5	221	172	2,0
2021	2,2	5,3	201	154	1,54

Материалы исследований. Цинковые микроудобрения в опытах использовались двух видов:

1) Цинк сернокислый ($ZnSO_4 \times 7H_2O$) содержит 22,73 % Zn, производитель — Россия. Сернокислый цинк (сульфат цинка) $ZnSO_4$ — цинковая соль серной кислоты в виде порошка, состоящего из прозрачных, бесцветных кристаллов без запаха [6].

2) Многокомпонентное хелатсодержащее микроудобрение Адоб Zn ИДХА содержит 6,1 % Zn и 2,6 % N, производитель — Польша. Жидкое микроудобрение с высоким содержанием цинка в хорошо усваиваемой форме предназначено для листовой подкормки растений, особенно чувствительных к дефициту цинка.

Некорневую обработку озимой пшеницы проводили в фазу выхода в трубку (стадия развития растений 39 по Цадоксу) опрыскивателем Хорш с шириной захвата штанги 36 м, расход рабочей жидкости — 160 л/га. Каждый опыт состоял из восьми вариантов, трех повторений, всего 24 делянки. Общая площадь делянки 2 га, учетная — 1 га. Варианты опыта представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Варианты опыта по определению эффективности цинковых микроудобрений в системе интенсивной технологии возделывания озимой пшеницы

Вариант	Норма расхода препарата по действующему веществу (Zn)	Норма расхода препарата в физической массе
Контроль (без удобрений)	—	—
$ZnSO_4$ (22,73 % Zn)	23 г д.в./га	0,1 кг/га
$ZnSO_4$ (22,73 % Zn)	46 г д.в./га	0,2 кг/га
$ZnSO_4$ (22,73 % Zn)	68 г д.в./га	0,3 кг/га
$ZnSO_4$ (22,73 % Zn)	91 г д.в./га	0,4 кг/га
$А_{доб}$ Zn (6,1 % Zn + 2,6 % N)	91,5 г д.в./га	1,5 л/га
$А_{доб}$ Zn (6,1 % Zn + 2,6 % N)	183 г д.в./га	3,0 л/га
$А_{доб}$ Zn (6,1 % Zn + 2,6 % N)	366 г д.в./га	6,0 л/га

Закладку опытов, все учеты, наблюдения проводили по общепринятым методикам [7].

В почвенных пробах определяли: содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213-91), pHKCL потенциометрический (ГОСТ 26483-85), подвижный фосфор и подвижный калий по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011), массовую долю подвижного цинка по РД-52. 18.289-90.

Оценка посевных качеств семян проводили согласно соответствующих ГОСТов с определением влажности, в % (ГОСТ 12041-82); массы 1000 семян в г (ГОСТ 12042-80); чистоты, в % (ГОСТ 12037-81); энергии прорастания и лабораторной всхожести, в % (ГОСТ 12038-84).

Гигроскопическую влагу определяли методом высушивания в сушильном шкафу (ГОСТ 31640-2012), влажность зерна % (ГОСТ 13586.5-93), общую влагу % (ГОСТ 31640-2012), абсолютно сухое вещество, зерно % (ГОСТ 13586.5-93). В зерне и соломе определяли содержание цинка, в мг/кг (ГОСТ 27996-88) с использованием фотоколориметрического, атомно-абсорбционного анализатора «Спектр 5-3».

Статистическую обработку опытных данных проводили методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа по Б.А. Доспехову [7] с использованием ПК.

Результаты и обсуждение

Оптимизация питания озимой пшеницы, повышение эффективности внесения удобрений в огромной степени связаны с обеспечением оптимального соотношения в почве макро— и микроэлементов. Обогащение сельскохозяйственных растений микроэлементами является актуальной задачей в решении проблемы цинковой недостаточности в почвах и растениеводческой продукции.

Использование в полевых опытах различных видов и доз цинковых микроудобрений позволило выявить их влияние на урожайность и процесс поступления цинка в растения озимой пшеницы при некорневой подкормке.

Обработка данных результатов полевых исследований (2019–2022 гг.) по урожайности зерна и соломы озимой пшеница показала, что максимальный агрономический эффект по урожайности зерна от некорневого опрыскивания озимой пшеницы различными видами и дозами микроудобрений получен на варианте Адоб Zn, 91,5 г д.в./га: прибавка урожая зерна по отношению к контролю составила 12,5 ц/га или 18,2 % (таблица 3).

Проверка на линейную зависимость между парами наблюдений: возрастающими дозами цинковых микроудобрений (X) и урожайностью зерна (Y) показала, что эта зависимость очень слабая и несущественная ($r = 0,13$; $t_{факт.} = 0,64 < t05 = 2,074$).

Показатели дисперсионного анализа, полученные при обработке урожая зерна озимой пшеницы: $F_{факт.} = 2,70 > F_{теор.} = 2,14$, P (точность опыта) = 3,26 %, НСР05 = 7,5 ц/га.

На рисунках 1 и 2 показана взаимосвязь между дозами цинковых микроудобрений и урожайностью зерна озимой пшеницы.

Большинство вариантов с возрастающими дозами сернокислого цинка существенно ниже по урожайности, чем вариант сульфат цинка, 46 г д.в./га — 7,4 ц/га.

Дозы цинка на вариантах сульфат цинка, 91 г д.в./га и $А_{доб}$ Zn, 91,5 г д.в./га практически равны по действующему веществу, но оказывали неодинаковое влияние на урожайность зерна: цинковые микроудобрения

Таблица 3.

Влияние различных видов и доз цинковых микроудобрений на урожай зерна озимой пшеницы (при стандартной влажности14 %), ц/га

Варианты	Год сбора урожая			Среднее, ц/га	Прибавка+ –	
	2020	2021	2022		ц/га	%
Контроль	62,9	57,0	86,4	68,8	—	—
$ZnSO_4$, 23 г д.в./га	65,2	67,0	89,7	74,0	5,2	7,6
$ZnSO_4$, 46 г д.в./га	69,7	65,8	93,2	76,2	7,4	10,8
$ZnSO_4$, 68 г д.в./га	67,5	62,6	96,0	75,4	6,6	9,6
$ZnSO_4$, 91 г д.в./га	66,1	57,1	91,5	71,6	2,8	4,1
$А_{доб}$ Zn, 91,5 г д.в./га	70,9	67,8	105,1	81,3	12,5	18,2
$А_{доб}$ Zn, 183 г д.в./га	72,0	59,3	102,1	77,8	9,0	13,1
$А_{доб}$ Zn, 366 г д.в./га	74,7	58,1	104,1	79,0	10,2	14,8
$\overline{x}$	68,6	61,8	96,0	75,5	7,7	11,2

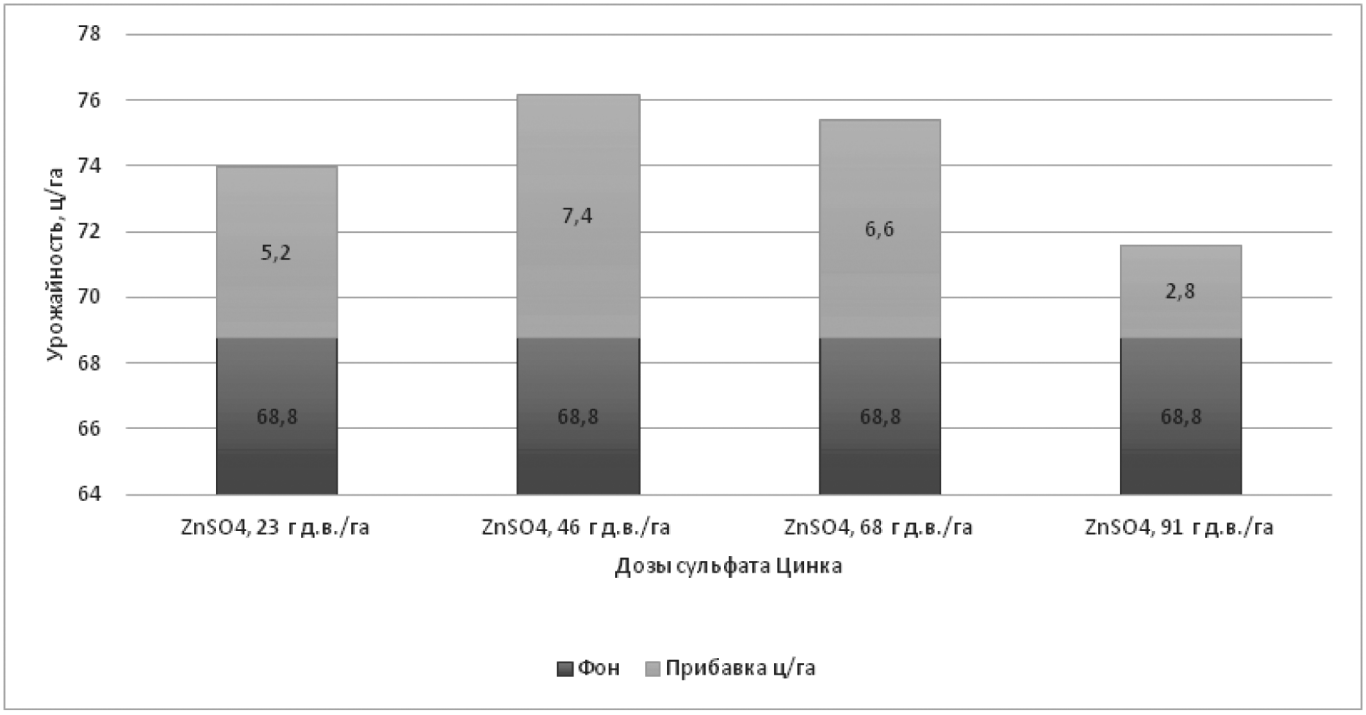


Рис. 1. Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от доз некорневой подкормки сульфатом цинка (среднее 2020–2022 гг.)

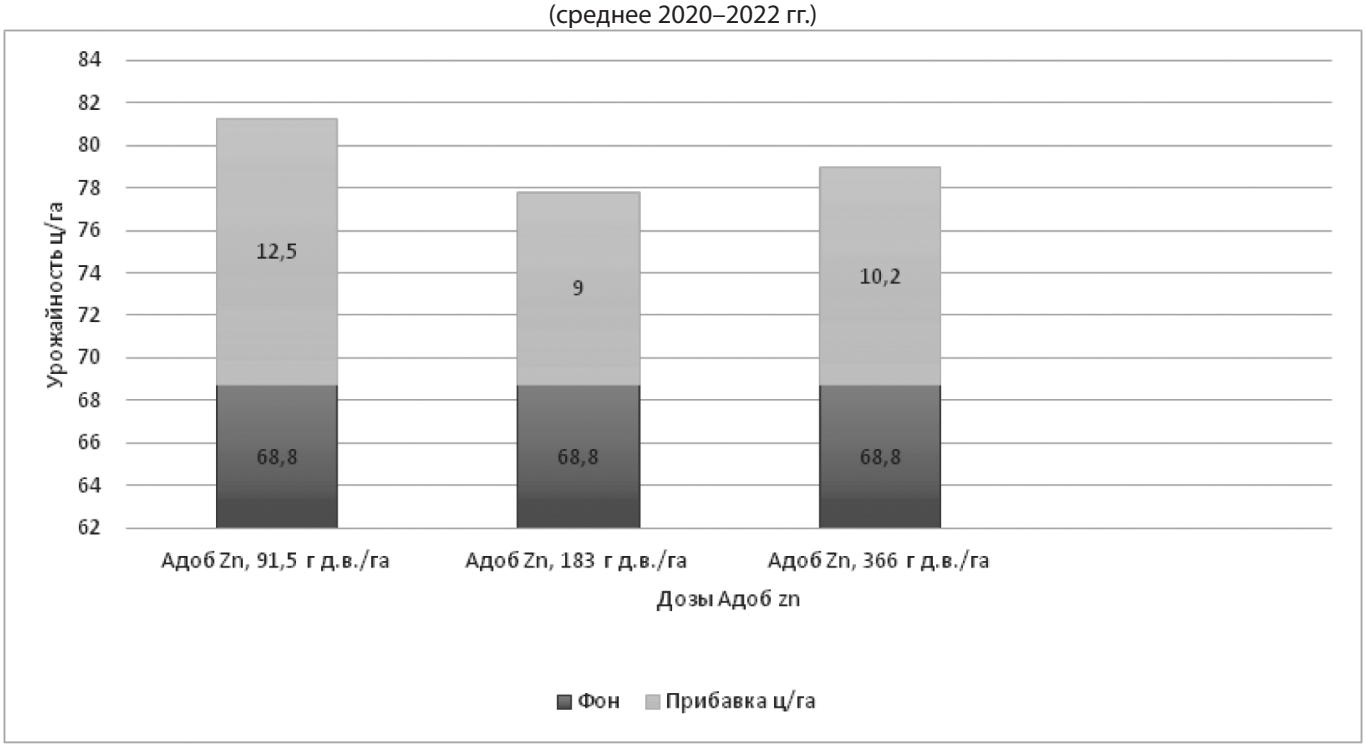


Рис. 2. Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от доз некорневой подкормки $A_{доб}$ Zn (среднее 2020–2022 гг.)

в виде сернокислых солей цинка давали прибавку зерна в 4,5 раза меньше, чем на варианте с хелатной формой цинка [8].

В погоне за урожайностью надо не забывать о качестве полученного зерна. При использовании повышенных доз удобрений в зерне накапливаются токсичные вещества, к которым относятся тяжелые металлы, в том числе цинк. Содержание цинка в зерне определяли во всех опытных образцах озимой пшеницы. Результаты исследований по содержанию цинка в зерне отражены в таблице 4.

Таблица 4.

Влияние различных видов и доз цинковых микроудобрений на содержание цинка в зерне озимой пшеницы, мг/кг

Варианты	2020	2021	2022	среднее
Контроль	18,7	23,2	27,9	23,3
$ZnSO_4$, 23 г д.в./га	16,3	22,4	28,3	22,3
$ZnSO_4$, 46 г д.в./га	14,1	25,7	27,4	22,4
$ZnSO_4$, 68 г д.в./га	15,0	25,4	27,1	22,5
$ZnSO_4$, 91 г д.в./га	14,5	24,4	25,1	21,3
$A_{доб}$ Zn, 91,5 г д.в./га	22,3	23,3	24,2	23,3
$A_{доб}$ Zn, 183 г д.в./га	22,9	25,6	24,5	24,3
$A_{доб}$ Zn, 366 г д.в./га	23,1	24,6	25,5	24,4
$\bar{x}$	18,4	24,3	26,2	23,0

Проверка на линейную зависимость между парами наблюдений: возрастающими дозами цинковых микроудобрений (X) и содержанием цинка в зерне (Y) показала, что эта зависимость очень слабая и несущественная ($r = 0,16$; $t_{факт.} = 0,75 < t05 = 2,07$). Проведение дисперсионного анализа Y подтвердило, что на 5 % уровне значимости линейная связь между X и Y отсутствует ($F_{факт.} = 0,41 < F05 = 2,8$).

В соответствии с предельно допустимым уровнем (ПДК) содержание цинка в зерне не должно превышать 50,0 мг/кг [9]. Исследованием установлено, что содержание цинка в зерне ниже ПДК и составило 21,3–24,4 мг/кг, фон — 23,3 мг/кг.

Проведенные исследования свидетельствуют, что введение в интенсивную технологию возделывания озимой пшеницы опрыскивания растений в стадию выхода в трубку (39 по Цадоксу) экологически обоснованных доз цинковых микроудобрений не вызывает загрязнения зерновой продукции.

Заключение

Аргументировано доказано, что на дерново-подзолистых почвах с низкой обеспеченностью цинком в условиях Калининградской области внесение цинковых микроудобрений способствовало увеличению урожайности зерна озимой пшеницы. Результаты исследований достоверно указывают на то, что внесение цинковых микроудобрений в оптимальных дозах не способствовало увеличению содержания цинка в зерне выше предельно допустимого значения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шафран, С.А. Окупаемость затрат на применение азотных удобрений в подкормку озимой пшеницы / С.А. Шафран // Агрохимия. -2020. — N 2. — С. 20–27.
2. Панасин, В. И. Признаки недостатка элементов питания сельскохозяйственных культур / В.И. Панасин, С.И. Новикова, О.П. Сержант, [и др.]. — Калининград, 2008. — 89 с.
3. Панасин, В.И. Цинк в агроландшафтах Калининградской области / В.И. Панасин, К.В. Депутатов, Д.А. Рымаренко. — Калининград: Издательство БФУ им. И. Канта, 2019. — 161 с.
4. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды: Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды: Учеб. пособие для студентов вузов по агрономическим специальностям / О. А. Соколов, В. А. Черников; Ин-т фундамент. проблем биологии РАН [и др.]. — Пущино, 1999. — 163 с.
5. Государственный реестр селекционных достижений [Электронный ресурс] / Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» (ФГБУ «Госсорткомиссия»). — Режим доступа: http://reestr.gossort.com
6. Удобрение, технологии и урожай: справочник агронома по химизации земледелия / В.И. Панасин [и др.] — Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2018. — 315 с.
7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — Москва: Альянс,1985. — 351 с.
8. Депутатов К.В. Зависимость зерновой продуктивности озимой пшеницы от внесения цинковых удобрений/ Депутатов К.В, Григорович Л.М// Балтийский морской форум: материалы IX Международного Балтийского морского форума 4–9 октября 2021 года [Электронный ресурс]: в 6 томах. Т. 1. «Инновации в науке, образовании и предпринимательстве — 2021», XIX Международная научная конференция. — Электрон. дан. — Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. — С.145–150.
9. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. — Москва, 1989. — 185 с.

© Депутатов Константин Викторович (integrationservice@mail.ru); Григорович Людмила Михайловна (lyudmila.grigorovich@klgtu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.18

ОЦЕНКА АНТИМИКРОБНОЙ И ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ГРИБОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

EVALUATION OF THE ANTIMICROBIAL AND ENZYMATIC ACTIVITY OF SOME FUNGI ISOLATED FROM VARIOUS ENVIRONMENTAL CONDITIONS

P. Omar
E. Yunusov
S. Veliyeva
Sh. Asadova

Summary: As a result of the studies carried out, fungi that are common in the biotopes of Azerbaijan with different environmental conditions were isolated into a pure culture, and a collection of 101 strains was created. It was found that among the micro- and macromycetes included in the collection, mesophiles predominate, and thermotolerant species are also found among them. It was revealed that among fungal cultures there are cultures with both hydrolytic and oxidoreductase activity, some of them are promising due to a balanced enzyme system, and some — due to the activity of a particular enzyme.

Keywords: different ecological conditions, fungi, hydrolases, oxidoreductases, active producers.

Омар Парвин Мирдамет
Сотрудник,
Сумгаитский Государственный Университет
peri.omar87@gmail.com
Юнусов Эльшад Рустам
Диссертант (PhD), Институт Микробиологии МНО АР
elsadyunuslu@gmail.com
Велиева Сафура Сахиб
Преподаватель,
Бакинский Государственный Университет
veliyeva.safura@mail.ru
Асадова Шабнам Фахраддин
Преподаватель,
Азербайджанский Государственный Университет
bioloq82@mail.ru

Аннотация. В результате проведенных исследований выделены в чистую культуру грибы, распространенные в биотопах Азербайджана с различными экологическими условиями, и создана коллекция из 101 штамма. Обнаружено, что среди включенных в коллекцию микро- и макромицетов преобладают мезофилы, среди них встречаются и термотолерантные виды. Выявлено, что среди грибных культур присутствуют культуры как с гидролитической, так и с оксиредуктазной активностью, некоторые из них перспективны за счет сбалансированной ферментной системы, а некоторые — за счет активности конкретного фермента.

Ключевые слова: различные экологические условия, грибы, гидролазы, оксиредуктазы, активные продуценты.

Увеличение численности населения земного шара на стабильной территории Земли создает для различных областей ощутимые трудности в удовлетворении потребности в энергии, продовольствии и сырье за счет имеющихся ресурсов и возможностей [13]. Стоит помнить еще об одном факте, что, согласно некоторым прогнозам, потребность населения мира в продуктах вырастет с 2010 по 2050 год на 45–56 %, а число населения, рискующего стать голодающим, будет варьироваться в пределах 8 % до 91 % [18]. Поэтому решение этих вопросов, придание управляемости возникшим, в связи с этим проблемам и обеспечение устойчивого развития общества являются одними из основных задач, стоящих перед современной наукой, прежде всего, современной биологией.

В обеспечении потребностей людей в продуктах питания, энергии и сырье различных отраслей промышленности роль растений и животных всегда традиционно была ведущей и этот статус они сохраняют до сегодняшнего дня [16]. Еще с древних времен определенную роль в удовлетворении пищевых потребностей людей играли и микроорганизмы [14]. В соответствии с уровнем развития науки и техники возможности использования микроорганизмов расширялись и продолжают расширяться. Основная причина этого заключается в том, что микроорганизмы и образующиеся в результате их жизнедеятельности метаболиты с точки зрения удовлетворения спроса людей в получении пищи, энергии являются благоприятными и рентабельными. Так, к числу метаболитов, вырабатываемых микроорганизмами в результате их жизнедеятельности, относятся ферменты, полисахариды, антибиотики, витамины, органические кислоты и др. вещества [17], обладающие биологической, в том числе фармакологической активностью. Получение этих веществ выгодно как по экологическим, так и по экономическим и технологическим соображениям. Поскольку микроорганизмы положительно отличаются от растений и животных по скорости своего роста, они способны трансформировать образующихся в процессе роста самые разнообразные отходы растений в продукты богатые белком, сахаром, жиром и др., а технологии и ус-

ловия, необходимые для их культивирования в искусственных условиях для получения целевых продуктов, намного проще и дешевле применяемых к растениям и животным. В то же время микроорганизмы по сравнению с растениями и животными характеризуются превосходящими показателями по урожайности с единицы площади. Все это приводит к возрастающему изо дня в день интересу к микроорганизмам, в первую очередь, к бактериям и грибам, а также росту ассортимента и количества получаемой из них продукции.

На фоне вышеперечисленных проблем современная эпоха также характеризуется возникновением глобальных проблем (изменение климата, ухудшение экологической обстановки, утрата биоразнообразия, засоление, опустынивание и т.д.) в результате возрастающего антропогенного воздействия на окружающую среду. Это, в свою очередь, вызывает дополнительные эффекты в сторону ухудшения и без того непростой ситуации, изменяет характер и направленность отношений, сложившихся в экосистемах. Предотвращение их является первым шагом, который необходимо предпринять, изучая процессы, происходящие в этих экосистемах, представляющих собой экстремальные условия или состояния стресса. С другой стороны, изучение живых существ в таких условиях, прежде всего микроорганизмов, интересно и с практической точки зрения. Так, микроорганизмы, обитающие в биотопах с такими экстремальными условиями и обычно называемые экстремофилами, привлекают внимание как источники БАМ, в первую очередь ферментов, сохраняющих устойчивость в более широких и более высоких показателях температуры и pH [12]. Кроме того, возможность использования сохраняющих жизнеспособность в этих условиях микроорганизмов при очистке территорий, сильно загрязненных различными веществами (нефтью и нефтепродуктами, отходами различных производств и т.д.), а также как источников генов, позволяющих получать новых рекомбинантных суперпродуцентов с широким спектром возможностей, увеличенный спрос на более эффективные в биологическом контроле организмы и т.д. являются основными причинами роста интереса к таким микроорганизмам.

Как и во всем мире, в Азербайджанской Республике существуют ценозы, находящиеся в экстремальных условиях, к числу которых можно отнести нефтезагрязненные, сильнозасоленные почвы, источники термальных вод и т.д. [15]. В такого рода районах проводились определенные исследования [6–7, 10], но их результаты недостаточны для выяснения характера происходящих там процессов, равно как и для оценки биосинтетического потенциала обитающих в этих местах микроорганизмов, прежде всего микромицетов.

Поэтому целью представленной работы явилось выделение в условиях Азербайджана микромицетов из разных по экологическим условиям и экстремальности источников, а также оценка их антибиотической и ферментативной активности.

Материал и методы

Образцы для исследования были взяты из нефтезагрязненных и сильнозасоленных почв Азербайджана, субтропических лесов с наибольшим количеством осадков в стране, термальных водных источников и с растений, выращенных в теплицах. Образцы нефтезагрязненных почв были взяты из Абшеронского полуострова, пробы почвы и воды, подвергшиеся засолению, взяты из озера Масазыр и его территории, образцы почв и растений территории с наибольшим количеством осадков взяты из субтропических лесов юга страны, а образцы субтропических и тропических растений взяты из оранжерей Центрального Ботанического сада. Для отбора образцов использовали известные в микробиологии и микологии методы [5, 8]. Для выделения микромицетов использовали стандартные питательные среды, а именно сусло-агар и агар Сабуро, чистоту полученной культуры контролировали микроскопически. При изучении ферментативной активности грибов использовали жидкую среду Чапека и условия глубинного культивирования. Исследование ферментативной активности проводили по таким ферментам, как эндоглюканаза, ксиланаза, амилаза, протеаза, липаза, пектиназа, лакказа и пероксидаза. Активность этих ферментов определяли с использованием специфических субстратов известными методами, т.е. эндоглюканазы [2] и пектиназы [4] — вискозиметрически, протеазы — методом Ансона, амилазы— колориметрически, ксиланазы — методом Шомоди-Нельсона [4], лакказы и пероксидазы -спектрофотометрически [9].

Антибиотическую активность в отношении стандартных тест-культур (кишечная палочка, синегнойная палочка, золотистый стафилококк и Candida albicans) определяли по следующей методике: тест-культуры переносили в пробирки, содержащие эндогенные (полученные из переработанной биомассы, измельченной в гомогенизаторе) и экзогенные (культуральная жидкость) метаболиты исследуемого гриба и после 30 и 60 мин хранения высевали на питательную среду. Антибиотическую активность оценивали по интенсивности роста. Антибиотическую активность культур, считающихся наиболее активными по этому методу, оценивали также на основе диско-диффузионного метода [1].

Определение биотехнологического потенциала микромицетов, выбранных в качестве активных продуцентов, проводили согласно [11] применяемым в настоящее время в биотехнологических исследованиях.

Для получения количественных результатов в исследованиях все эксперименты проводили не менее

чем в 4-х повторностях и полученные результаты подвергали статистической обработке на основе определения стандартного среднеквадратичного отклонения [3]. В диссертации использовались только данные, удовлетворяющие формуле $S/Xo \leq 0,05$.

Полученные результаты и их обсуждение

Согласно цели работы были проведены исследования с выделением грибов из различных биотопов с разными условиями, и в результате анализа образцов, взятых на данном этапе, в чистую культуру было выделено 78 штаммов грибов. Распределение выделенных штаммов по территориям отбора проб приведено в таблице 1. Как видно, наибольшее число штаммов было выделено из образцов, отобранных из южных лесов, а наименьшее — из термальных источников.

Таблица 1.

Характеристика выделенных в чистую культуру штаммов по месту взятия образцов

№	Место взятия образца	Число выделенных штаммов(ед.)	Доля штаммов в общем числе(%)
1	Нефтезагрязненные почвы	21	20,8
2	Озеро Масазыр	17	16,8
3	Источники термальных вод	9	8,9
4	Леса высокой влажности	29	28,7
5	Теплицы	25	24,8
Всего		101	100

Необходимо отметить два момента, связанных с данными таблицы, первый из которых связан с присутствием в числе выделенных чистых культур макромицетов. Так, 12 выделенных в чистую культуру грибов, т.е. около 11,9 %, относятся к ксилотрофным макромицетам, все они были выделены из лесов южного региона с целью сравнения их с микромицетами. Цель данного сравнения была связано лишь с определением того, какие из выделенных штаммов перспективны для биоконверсии лигноцеллюлозных отходов растительного происхождения.

Второй момент заключается в том, чтобы охарактеризовать выделенные из образцов штаммы по их отношению к температуре. Так, хотя данные в таблице показывают общее количество зарегистрированных штаммов, при их выделении использовались два подхода, первый из которых включает классический, а второй — специфический подход. Так, по первому варианту проводят непосредственное выделение культур из образцов, а по второму — после выдержки образца при 50°С в течение 24 часов выделение в чистую культуру проводят соответственно первому варианту. При отдельной характеристике штаммов на основе этих подходов выявлено, что большинство зарегистрированных штаммов относятся к мезофилам (табл. 2). Как видно, среди 89 выделенных штаммов микромицетов 80 % относятся к мезофильным, а 20 % можнл отнести к термотолерантным. Так, при выдержке образцов при температуре выше 75°С в течение 24 часов не сохраняли свою жизнеспособность принадлежащие грибам какие-либо структурные элементы, а точнее ни одна из образующей колонию единиц.

Таблица 2.

Характеристика штаммов микромицетов относительно температуры

№	Место взятия образца	Число выделенных штаммов(ед.)		Доля штаммов в общем числе(%)	
		I	II	I	II
1	Нефтезагрязненные почвы	16	5	22,5	27,8
2	Озеро Масазыр	13	4	18,3	22,2
3	Источники термальных вод	6	3	8,5	16,7
4	Леса с высокой влажностью	13	4	18,3	22,2
5	Теплицы	23	2	32,4	11,1
Всего		71	18	100	100

В первую очередь проводилась оценка активности гидролаз и оксидаз штаммов, относящихся к микромицетам и макромицетам, и было выявлено, что они отличаются друг от друга по уровню синтеза того или иного фермента (табл. 3). Как видно, штаммы микромицетов характеризуются высокими показателями протеолитической активности и низкими — оксидазной активности. Так, из 64 штаммов микромицетов, выделенных в чистую культуру, 44 штамма обладают протеолитической, а 16 — пероксидазной активностью. Показатели для других штаммов занимают относительно данных среднее положение.

В таблице 4 приведены показатели ферментативной активности 89 микромицетов и 12 штаммов микромицетов. Как показывают результаты, ферментная система макромицетов сильнее, чем у микромицетов, и это проявляется в активности обеих оксидаз, эндоглюканазы и ксиланазы. Так, все макромицеты обладают способностью проявлять активность эндоглюканазы и ксиланазы, а 3/4 из них проявляют активность лакказы и пероксидазы. Количество штаммов микромицетов, проявляющих оксидазную активность, в 3 раза меньше, чем макромицетов. У штаммов, проявляющих активность эндоглюканазы и ксиланазы, ситуация складывается в пользу макромицетов. Так, все макромицеты обладают активностью обоих ферментов, тогда как количество микромицетов активных по данным ферментам находится в пределах 42,2–60,9 %. Таким образом, в результате предварительной оценки выявлено, что от 21,3 до 91,0 %

Таблица 3.

Первичная оценка выделенных микромицетов по активности ферментов

№	Ферменты	Число выделенных и проявивших активность штаммов (ед.)									
		НЗП		Озеро Масазыр		Источники термальных вод		Леса с высокой влажностью		Теплицы	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	Эндоглюканаза	16/11	5/3	13/9	4/2	6/3	3/2	13/7	4/2	23/20	2/2
2	Протеаза	16/13	5/4	13/10	4/3	6/3	3/2	13/9	4/3	23/21	2/2
3	Пектиназа	16/10	5/3	13/8	4/2	6/2	3/1	13/8	4/1	23/17	2/1
4	Амилаза	16/9	5/3	13/9	4/2	6/3	3/1	13/7	4/2	23/16	2/2
5	Ксиланаза	16/7	5/2	13/6	4/2	6/2	3/1	13/6	4/1	23/17	2/1
6	Липаза	16/8	5/3	13/7	4/2	6/3	3/2	13/8	4/2	23/14	2/1
7	Лакказа	16/4	5/2	13/4	4/1	6/2	3/1	13/4	4/1	23/4	2/0
8	Пероксидаза	16/3	5/1	13/4	4/1	6/2	3/1	13/3	4/1	23/3	2/0

Примечание: НЗП — нефтезагрязненные почвы

штаммов микромицетов обладают активностью того или иного фермента. Согласно полученным результатам, было сочтено целесообразным отобрать наиболее активные штаммы для второго этапа, и за основу отбора были взяты следующие показатели:

1. Способные синтезировать ферменты, катализирующие разложение сбалансированных полимеров, т.е. входящих в состав отходов целлюлоза, лигнин, гемицеллюлоза и др., что позволяет эффективно утилизировать отходы растительного происхождения, образующиеся ежегодно в больших количествах на различных производственных участках.
2. Имеющие наивысший уровень активности по конкретному ферменту, активность которого определяется.

Таблица 4.

Общая характеристика количества выделенных штаммов по активности ферментов

№	Место взятия образца	Число выделенных и проявивших активность штаммов(ед.)		Доля штаммов в общем числе (%)	
		Микромицеты	Макромицеты	Микромицеты	Макромицеты
1	Эндоглюканаза	89/59	12/12	66,3	100
2	Протеаза	89/81	12/10	91,0	83,3
3	Пектиназа	89/57	12/ 8	64,0	66,7
4	Амилаза	89/56	12/7	62,9	58,3
5	Ксиланаза	89/47	12/12	52,8	100
6	Липаза	89/45	12/3	50,6	25,0
7	Лакказа	89/23	12/9	25,8	75,0
8	Пероксидаза	89/19	12/9	21,3	75,0

На основании вышеизложенного для следующего этапа было отобрано 8 штаммов, из которых 2 относились к макромицетам и 6 — к микромицетам. В результате идентификации отобранных штаммов была определена их видовая принадлежность и цель, с которой они были отобраны (табл. 5). Было установлено, что 2 из отобранных штаммов принадлежат отделу Mucormycota, 2 — к Basidiomycota и 4 — к Ascomycota, и среди отобранных видов только гриб *Bjerkandera adusta* был выбран как продуцент со сбалансированной ферментной системой. Как продуцент оксидаз *Trametes hirsuta*, как продуцент эндоглюканазы *Trichoderma viride*, а остальные грибы как продуценты гидролаз представляет интерес с точки зрения практического использования в будущем.

Таблица 5.

Общая характеристика грибных штаммов, отобранных как активные продуценты

№	Название вида	Место выделения	Основополагающий показатель отбора
1	*Aspergillus candidus*	Озеро Масазыр	Гидролазы
2	*Chaetomium thermophile*	Источник термальных вод	Гидролазы
3	*Bjerkandera adusta*	Subtropik meşə	Сбалансированная ферментная система
4	*Humicola lanuginosa*	Источник термальных вод	Гидролазы
5	*Penicillium resticulosum*	Почва озера Масазыр	Гидролазы
6	*Mucor hiemalis*	Нефтезагрязненные почвы	Гидролазы
7	*Trametes hirsuta*	Субтропический лес	Оксидазы
8	*Trichoderma viride*	Субтропический лес	Эндоглюканазы

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлено, что среди грибов, выделенных из районов Азербайджана с различными условиями, выделены культуры с высокой ферментативной (гидролазной и оксидазной) активностью и определена их перспективность для практического использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егорова, Н.С. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. Учебное пособие. 3-е издательство, с переработками и дополнениями / Н.С. Егорова, — М.: Изд-во МГУ, — 1995, — 224 с.
2. Клесов А.А., Рабинович М.Л., Синицын А.П. и др. Ферментативный гидролиз целлюлозы: I. Активность и компонентный состав целлюлазных комплексов из различных источников. // Биоорганическая химия, 1980, т.6, с.1225–1241.
3. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. — М.: ФИЗМАТЛИТ, — 2006, — 816 с.
4. Лабораторный практикум по технологии ферментных препаратов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982, 240 с.
5. Методы экспериментальной микологии. / Под. ред. Билай В.И. — Киев: Наукова думка, — 1982, — 500 с.
6. Мурадов П.З., Гахраманова Ф.Х., Ахундова С.М., Бакшиева Г.Р., Рзаева А.Л. Видовой состав грибов, распространенных на естественных и техногенно нарушенных ценозах. // Материалы международный научной конференции. Минск-Нарочъ, 2014, с. 226–228.
7. Мурадов П.З., Сафаралиева Э.М., Гасанова Л.С., Юнусова Э.Р., Алиева Г.Р. Особенности микокомплекса техногенно загрязненных почв. // Успехи медицинский микологии, 2018, т.19, Глава 7, с. 35–38.
8. Нетрусов, А.И. Практикум по микробиологии. / А.И.Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук [и др.]. М.: Издательский центр «Академия», — 2005, — 608 с.
9. Никитина О.В. Внеклеточные оксидоредуктазы лигнолитического комплекса базидиального гриба Trametes pubescens (Shumach.) Pilât.: афтореф. на соискание канд. биол. наук. М., 2006, 26 с.
10. Сафаралиева Э.М., Алиева Г.Р., Рзаева А.Л., Мамедова Ф.Р., Бахшалиева К.Ф. Изменение видового состава грибов, распространенных на различных ценозах в условиях Азербайджана // Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики, серия «Естественные и технические науки», 2020, №2, с. 52–55.
11. Depoorter E, Bull MJ, Peeters C, Coenye T, Vandamme P, Mahenthiralingam E. Burkholderia: an update on taxonomy and biotechnological potential as antibiotic producers. Appl Microbiol Biotechnol. 2016 Jun;100(12):5215–29. doi: 10.1007/s00253-016-7520-x.
12. Durvasula, R.V. Extremophiles: From biology to biotechnology / R.V. Durvasula, D. V. S. Rao. — CRC Press, 2018. — 437 p.
13. FAO. The future of food and agriculture — Trends and challenges. Rome, 2017, 180 p.
14. Gholami-Shabani, M., Shams-Ghahfarokhi, M., & Razzaghi-Abyaneh, M. (2023). Food Microbiology: Application of Microorganisms in Food Industry. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.109729.
15. https://eco.gov.az
16. Langyan S, Yadava P, Khan FN, Dar ZA, Singh R, Kumar A. Sustaining Protein Nutrition Through Plant-Based Foods. Front Nutr. 2022 Jan 18;8:772573. doi: 10.3389/fnut.2021.772573.].
17. Nagarajan, M., Rajasekaran, B. and Venkatachalam, K. Microbial metabolites in fermented food products and their potential benefits // International Food Research Journal, 2022, v.29(3), p.466–486.
18. Van Dijk, M., Morley, T., Rau, M.L. et al. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. // Nat Food, 2021, 2, p.494–501.

© Омар Парвин Мирдамет (peri.omar87@gmail.com); Юнусов Эльшад Рустам (elsadyunuslu@gmail.com);
Велиева Сафура Сахиб (veliyeva.safura@mail.ru); Асадова Шабнам Фахраддин (bioloq82@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.33

ВЗАИМОСВЯЗЬ РАБОТЫ КИШЕЧНИКА И ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Цыбизов Денис Александрович
Российский Университет Дружбы Народов, г. Москва
tzyibizov@bk.ru
Шеховцова Анастасия Сергеевна
Российский Университет дружбы Народов, г. Москва
1032193104@rudn.ru
Аникина Елизавета Вячеславовна
кандидат биологических наук,
Российский Университет Дружбы народов, г. Москва
mailto:anikina-ev@rudn.ru

Аннотация. В данной статье освещается актуальный опыт исследований в сфере связи работы желудочно-кишечного тракта и центральной нервной системы. Так, работа энтеральной нервной системы — которая регулирует перестальтику кишечника, работу печени и различных желез, влияет на центральную систему через прямые или косвенные пути (метаболитами, нейротрансмиттерами). В свою очередь, влияние на ЦНС ведет за собой последствие — влияние на работу головного мозга. Это может приводить к различным заболеваниями: нейровоспаления и нейродегенеративные и психоневрологические расстройства, которые могут привести к более серьезным заболеваниями нервной системы.

Ключевые слова: центральная нервная система (ЦНС), энтеральная нервная система (ЭНС), микробиом, нейродегенеративное расстройство, перестальтика, метаболиты, нейротрансмиттеры, кишечник, нейровоспаления, психоневрологические расстройства.

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE WORK OF THE INTESTINE AND THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM

D. Tsybizov
A. Shekhovtsova
E. Anikina

Summary: This article highlights the current experience of research in the field of communication between the work of the gastrointestinal tract and the central nervous system. Thus, the work of the enteric nervous system — which regulates intestinal motility, the work of the liver and various glands, affects the central system through direct or indirect ways (metabolites, neurotransmitters). In turn, the effect on the central nervous system leads to a consequence — an effect on the functioning of the brain. This can lead to various diseases: neuroinflammation and neurodegenerative and neuropsychiatric disorders, which can lead to more serious diseases of the nervous system.

Keywords: central nervous system (CNS), enteral nervous system (ENS), microbiome, neurodegenerative disorder, perestaltics, metabolites, neurotransmitters, intestines, neuroinflammations, neuropsychiatric disorders.

В обычной жизни все привыкли воспринимать функции кишечника простыми. Однако от функционирования желудочно-кишечного тракта зависят почти все процессы в нашем организме. Так, у кишечника есть собственная нервная система (ЭНС), которая действует независимо от центральной нервной системы. Но, важно сказать, что между ними есть обмен информацией — то есть связь.

Таким образом, многие ученые на сегодняшний день изучают связь своеобразной прямой зависимости «кишечник — мозг». В данную сеть включаются множество сложных составляющих, таких как блуждающий нерв с двумя выходами, некоторые гормоны, метаболиты и ароматические аминокислоты.

Взаимосвязь систем ЖКТ и ЦНС

Для того, чтобы понимать взаимосвязь прямо цепочки «кишечник — мозг», важно разобраться с основными понятиями в данной теме.

Энтеральная нервная система (ЭНС) — данная нервная система берет свое начало от середины пищевода и заканчивается анальным отверстием. Она контролирует работу перистальтики, желез и транспорта ионов и воды. Данная система независимо работает от центральной нервной системы и содержит в себе примерно такое же количество нейронов, как и спинной мозг. В ганглиональных клетках есть большое количество нейромедиаторов и регуляторных веществ.

Так, данный (перестальтический) рефлекс энтеральной нервной системы показан на рисунке 1. На данном рисунке видно, что в основном процесс состоит из двух фаз: сокращение проксимального сегмента кишечника и расслабление дистального сегмента кишечника.

Микробиота кишечника — часть желудочно-кишечного тракта, которая представляет собой совокупность всех микроорганизмов. Так, все микроорганизмы можно разделить на положительно влияющие и отрицательно влияющие.

Важно сказать, что состав микробиоты изначально формируется в эмбриональном состоянии, после родов очень зависит от начального кормления ребенка и далее формируется в зависимости от рациона питания. Многие факторы могут влиять на микробиоту: инфекции, диеты, антибиотики.

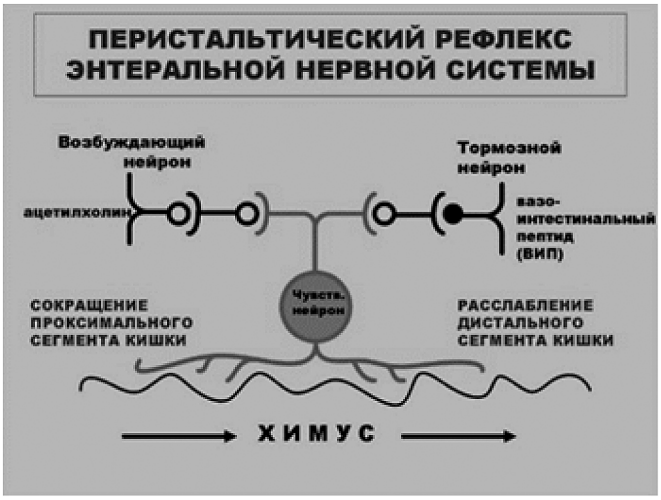


Рис. 1. Рефлекс ЭНС

Нейротрансмиттеры — вещества, вырабатываемые в кишечнике, влияют на работу головного мозга. Можно выделить три основных пути влияния кишечника на центральную нервную систему, как это показано на рисунке 2. Так, первый путь — метаболиты, которые продуцируются, например любые жирные кислоты. Второй — сами нейтротрасмиттеры и третий — высвобождение кишечных гормонов.

Благодаря вышеперечисленному можно сказать, что в цепочку прямой связи «кишечник — мозг» можно добавить важное первое звено — «микробиом».

Опыт исследований

Безусловно, разрушение эпителия и кишечные расстройства являются первыми последствиями от нарушения микробиома, однако и нейровоспаления и нейродегенеративные и психоневрологические расстройства могут быть последствиями изменения микрофлоры. Однако, как мы уже говорили ранее, существует прямая цепочка связи «кишечник-мозг». Схематичное взаимодействие этой связи представлено на рисунке 3.

Первым исследованием, которое необходимо упомянуть, связано с более легким заболеванием — депрессией. Был проведен эксперимент, в котором участвовала 10 женщин. Четверым девушкам была прописана обычная диета по снижению веса, которую широко используют при быстром похудении. Так, спустя год, оказалось, что у каждой и четырех женщин была обнаружена депрессия. Связано это с тем, что в процессе диеты микробиом кишечника изменил свой состав, что подействовала прямым или косвенным путем на работу всей ЦНС, так и в дальнейшем на головной мозг в частности.

Гипотеза нейровоспаления в патогенезе связана с определенными изменениями микробиоты кишечника. Нейровоспалительные процессы происходят при продолжающемся системном воспалении, которое может еще больше усилить нейровоспаление. Кроме того, в недавнем исследовании было выявлено предположение, что данные изменения инициируется кишечником, а не мозгом, откуда впоследствии переходит в мозг. Гипотеза подтвердилась в одном исследовании, в котором олигомеры Aβ1-4 вводили в стенку желудочно-кишечного тракта мышей. Таким образом, можно сказать, что есть определенная связь работы кишечника с Болезнью Альцгеймера. Так как предлагаемая гипотеза о происхождении Болезни Альцгеймера включает постепенное накопление Aβ в головном мозге с данной болезнью с последующим прогрессивным отложением тау-белка.

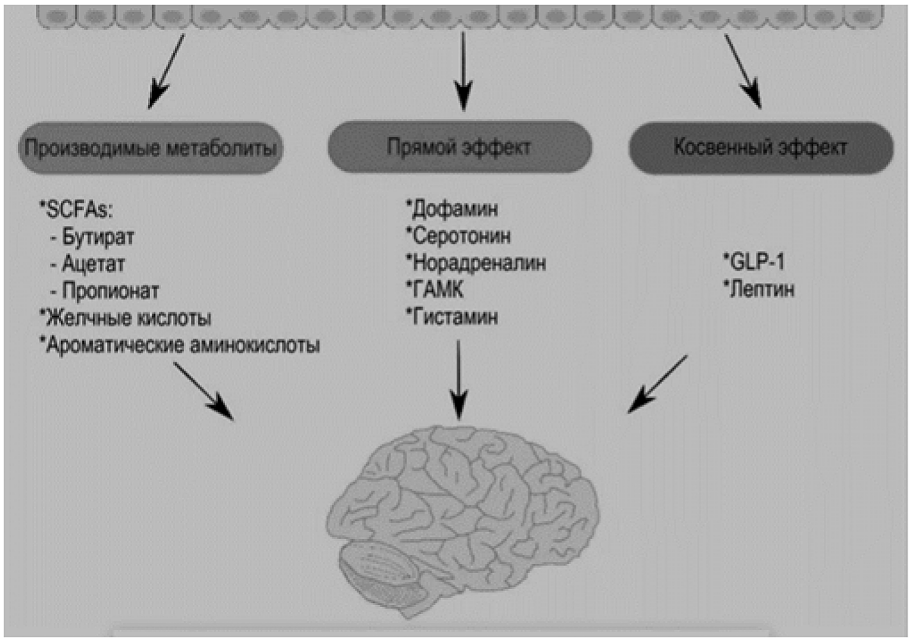


Рис. 2. Пути — связи кишечника и ЦНС [4]

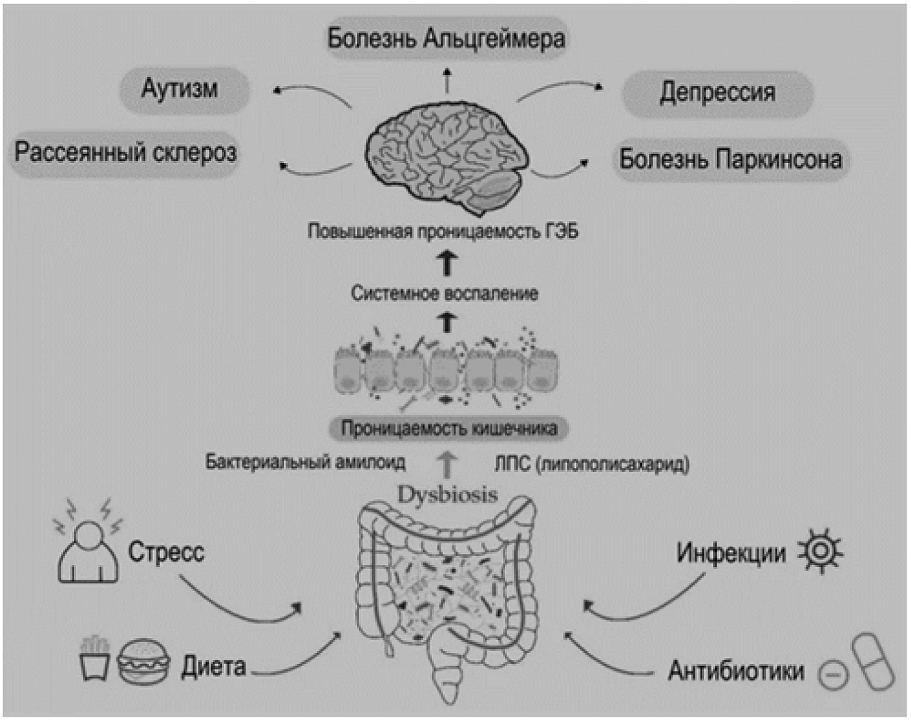


Рис. 3. Схема связи «кишечник — мозг» [4]

Необходимо отметить важную связь нарушения микробиом с возникновением Болезни Паркинсона. Было высказано предположение, что нарушенная микробиота кишечника, которая отвечает за перистальтику кишечника, повышенную проницаемость и хроническое местное воспаление, может считаться важным фактором патофизиологии болезнь Паркинсона. Поскольку дисфункция желудочно-кишечной системы является характерной чертой болезни Паркинсона, также исследовали состав кишечной микробиоты у пациентов с болезнью Паркинсона.

Таким образом, можно сказать, что функционирование кишечника — важный процесс организма, который влияет на работу центральной нервной системы и головного мозга. Так, нарушение состава микробиома может на прямую или косвенно влиять на работу ЦНС вызывая нейровоспаления и нейродегенеративные и психоневрологические расстройства. В дальнейшем такие сбои могут привести к серьезным заболеваниям нейродегенеративных расстройств, что уже научно доказана многолетними исследованиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рао, М.; Гершон, М.Д. Чаша и за ее пределами: кишечная нервная система при неврологических расстройствах. Нат. преподобный Гастроэнтерол. Гепатол. 2016, 13, 517.
2. Гиббонс, К.Х. Основы функционирования вегетативной нервной системы. Рука. Чистый. Нейронный. 2019, 160, 407–418.
3. Уэстфолл, С.; Лумис, Н.; Кахоли, И.; Дайе, С.Ю.; Сингх, С.П.; Пракаш, С. Микробиом, пробиотики и нейродегенеративные заболевания: расшифровка оси кишечник-мозг. Клетка. Мол. Наука о жизни. 2017, 74, 3769–3787.
4. Медицинский университет. (2023). Нервная система кишечника. [Интернет-ресурс]. URL: https://meduniver.com/Medical/Neurology/nervnaia_sistema_kishechnika.html?ysclid=lirjahafwa503972088 (Дата обращения 2 июня 2023 г.)

© Цыбизов Денис Александрович (tzyibizov@bk.ru); Шеховцова Анастасия Сергеевна (1032193104@rudn.ru);
Аникина Елизавета Вячеславовна (mailto:anikina-ev@rudn.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.03

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАЗВИВАЕМОГО УСИЛИЯ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ

MODELING OF MUSCLE CONTRACTION TO ASSESS THE DEVELOPED EFFORT BASED ON ELECTROMYOGRAPHY

S. Burzhomov
I. Tatarenko

Summary: Electromyography is widely used in human-machine interfaces of wearable robots such as prosthetic and exoskeletons. Often it is used in order to estimate muscle activity which will be used as base for control. This paper's goal is to create a method for estimation of muscle contraction that used electromyography signal. Mathematical model of underlying chemical reactions of muscle contractions was created to achieve it. This model is a set of differential equations which describes dynamics of concentrations of chemicals. The core reactions described by model are reactions of Lymn–Taylor cycle which describes actin myosin reactions which generate force. It should be noticed that energetics of muscle contraction was out of the scope. Thus, estimates of concentrations of adenosin triphosphate can be inadequate. That was deliberate chose due to difficulties of gathering data of sugar level by wearable robot. In a result of this article software was created for estimating force using electromyography signal. During this work experiment was conducted to gather info about actual force produced by muscle and electromyography signal. Examination of method was conducted by restoring force using electromyography.

Keywords: electromyography, modeling, chemical kinetics, myosin, actin, Lymn–Taylor cycle, muscle contraction.

Буржомов Саадир Айдемирович
аспирант, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»
saadirburzhomov@gmail.com
Татаренко Ирина Евгеньевна
специалист, Самарский Государственный Медицинский Университет, НИИ Нейронаук
i.e.tatarenko@samsmu.ru

Аннотация. Электромиография находит широкое применение в человек-машинных интерфейсах носимых роботов, таких как протезы и экзоскелеты. Чаще всего с её помощью оценивают мышечную активность, которая служит основой генерации управляющего сигнала. Цель работы состояла в создании средства оценки мышечного сокращения, на основе сигнала электромиографии. Для этого была использована математическая модель протекающих при сокращении химических реакций. Она, представляет из себя систему дифференциальных уравнений, описывающую динамику концентраций химических веществ. Основные реакции, рассматриваемые в модели, являются циклом Лимна-Тейлора, который определяет основные реакции миозина и актина, в рамках который происходит генерация усилия. Стоит отметить, что в данной модели не ставилась цель учитывать основные энергетические реакции. Поэтому получаемые в процессе оценки концентраций аденозинтрифосфата, могут быть неадекватными. Такой выбор вызван тем, что это усложнит модель и её применение, поскольку измерять уровень сахара в крови в процессе использования носимого робота затруднительно. В результате работы было получено программное обеспечение, которое позволяет оценивать развиваемое мышцей усилие по сигналу электромиографии. В ходе работы был проведен эксперимент, в результате которого получены данные о развиваемом мышцей усилии и соответствующем ему сигнале электромиографии. Проверка работы метода заключалась в «восстановлении» данных о развиваемом усилии на основе электромиографии.

Ключевые слова: электромиография, моделирование, химическая кинетика, миозин, актин, цикл Лимна-Тейлора, мышечное сокращение.

Введение

Носимые роботы находят все более широкое применение в нашей жизни. Помимо медицинских функций сейчас они так же применяются в промышленности и логистических операциях. Взаимодействие человека, с такого рода роботом имеет множество особенностей, однако, основной особенностью можно считать способ получения команд от человека. Поскольку использование кнопок и прочих традиционных интерфейсов затруднено и вносит неудобства в управление, применяются альтернативные методы, такие как оценка сигналов электромиографии (ЭМГ) или электроэнцефалограмм (ЭЭГ). Распространены следующие методы оценок управляющих сигналов на основе ЭМГ: распознавание образов, пропорциональная оценка и оценка с помощью порогового значения [1,2]. В данной работе предлагается в качестве определяемого состояния развиваемое ей усилие при изометрическом сокращении. А в качестве способа оценки предлагается моделирование протекающих в мышце реакций. В общем случае статистическая связь между сигналом ЭМГ и развиваемым её усилием статистически неустойчивы [3].

Строение мышц

Прежде чем описать модель необходимо рассмотреть объект моделирования. Скелетные мышцы являются поперечнополосатыми мышцами. Клетки мышц образуют волокна, в рамках которых между клетками отсутствуют

стенки. Мембрана клетки называется сарколеммой. Она содержит в систему каналов, содержащих резервуары с ионами Ca^2, которая образуют саркоплазматический ретикулум (СР). СР обеспечивает работу связи нервной системы и мышцы, обеспечивая выброс ионов в клетку по сигналу. Саркомер — структурная единица мышечного волокна, содержащая нити белков актина и миозина, которые взаимодействуя друг с другом обеспечивают сокращение. Структура мышечного волокна представлена на рисунке 1[4]. Процесс генерации усилия описывается циклом Лимна-Тейлора [5], который представлен на рисунке 2. Он состоит из 4-х этапов.

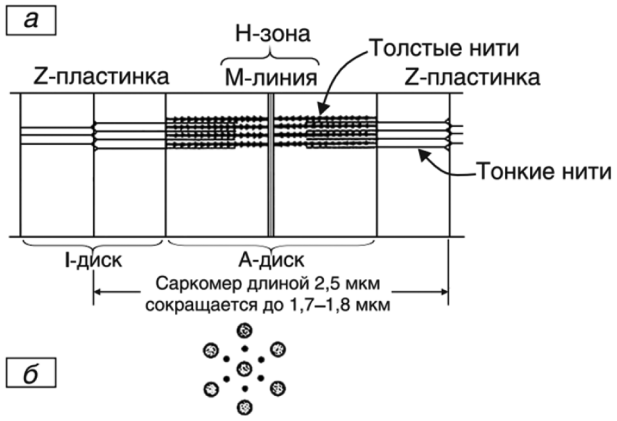


Рис. 1. Структура саркомера

1. «Присоединение». На этом этапе происходит присоединение миозина (М) к актину (А). Миозин, после фосфорилирования присоединенную к себе молекулу аденозинтрифосфата (АТФ) (англ ATP) до аденозиндифосфата (АДФ) (англ ADP) и фосфатный остаток (Pi), присоединяется к молекуле А, образуя комплекс А-М-АТФ-Ф.
2. «Рабочий ход». В ходе этого этапа выделяется фосфатный остаток и развивается усилие в несколько пН.
3. «Разделение». В ходе этого этапа происходит отделение миозина от актина и присоединение АТФ.
4. «Перезарядка». На этом происходит фосфорилирование присоединенной молекулы АТФ.

Реакция регулируется с помощью блокировки/деблокировки зон прикрепления к актину тропонин-тропомиозиновый комплексом. Комплекс чувствителен к Ca^{2+} и при присоединении иона деблокируются зоны прикрепления. Ионы Ca^{2+} отделяются с помощью специальной АТФ-фазы [4]. Поскольку тропонин-тропомиозиновый комплексом вместе с актином образует тонкие нити, в данной работе в качестве упрощения актин и тропонин-тропомиозиновый комплекс считаются просто актином, у который будет обозначаться как А* и А в зависимости от того присоединен ли к комплексу ион Ca^{2+}. Связывание Ca^{2+} в СР происходи с помощью белка кальсеквестрина (CASQ) [6]. Связанный с ионом Ca^{2+} кальсеквестрин в работе обозначается как $CASQCa^{2+}$ Процессом переноса ионов из СП в СР в данной работе не рассматривается.

Приведем уравнения рассматриваемых в работе реакций:

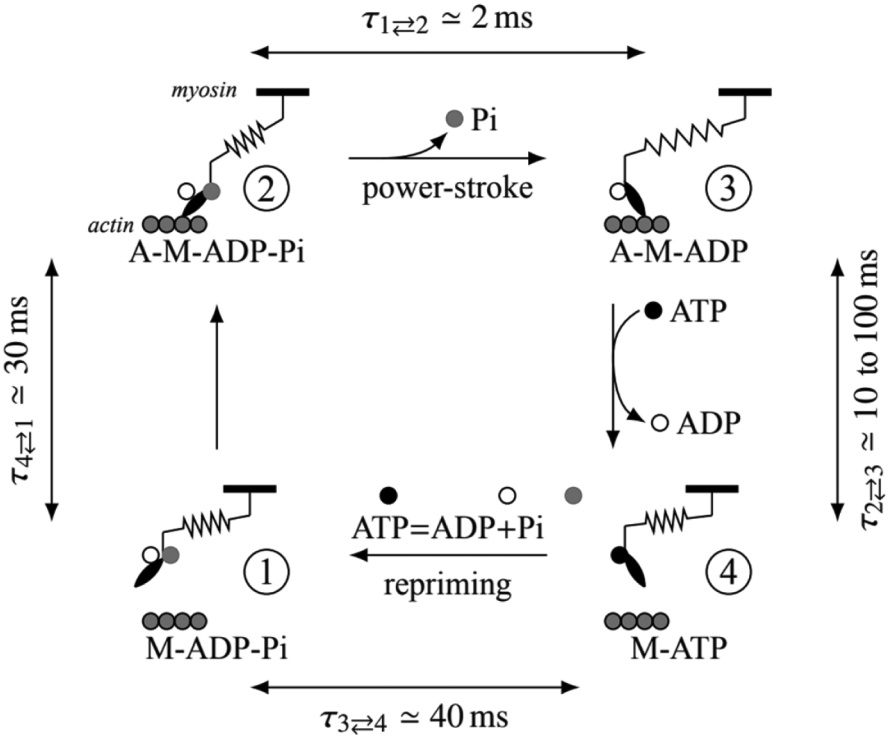


Рис. 2. Цикл Лимна-Тейлора

$A — M — АДФ — Фн \rightarrow Фн + A — M — АДФ$

$A — M — АДФ + АТФ \rightarrow A^* + АДФ + M — АТФ$

$M — АТФ \rightarrow M — АДФ — Фн$

$M — АДФ — Фн + A^* \rightarrow A — M — АДФ — Фн$

$АДФ + Фн \rightarrow АТФ$

$A^* + АТФ \rightarrow A + Ca^{2+} + АДФ + Фн$

$Ca^{2+} + A \rightarrow A^*$

$Ca^{2+} + CASQ \rightarrow CASQCa^{2+}$

$CASQCa^{2+} \rightarrow^{U} Ca^{2+} + CASQ$

Математическая модель. В работе введены следующие обозначения: x_1 — концентрация A-M-АДФ-Фн, x_2 — концентрация Фн, x_3 — концентрация M-АДФ, x_4 — концентрация АТФ, x_5 — концентрация M-АТФ, x_6 — концентрация АДФ, x_7 — концентрация A*, x_8 — концентрация M-АДФ-Фн, x_9 — концентрация A, x_{10} — концентрация Ca^{2+}, x_{11} — концентрация CASQ, x_{12} — концентрация CASQCa, U — потенциал возбуждения. В данной работе предполагается, что ЭМГ измеряет потенциал возбуждения.

Представленная в работе модель выглядит следующим образом:

$$\frac{dx_1}{dt} = k_5 x_7 x_8 - k_1 x_1$$

$$\frac{dx_2}{dt} = k_1 x_1 + k_6 x_4 x_7 - k_3 x_2 x_6$$

$$\frac{dx_3}{dt} = k_1 x_1 - k_2 x_3 x_4$$

$$\frac{dx_4}{dt} = k_3 x_2 x_6 - k_2 x_3 x_4 - k_6 x_7 x_4$$

$$\frac{dx_5}{dt} = k_2 x_3 x_4 - k_4 x_5$$

$$\frac{dx_6}{dt} = k_2 x_3 x_4 + k_6 x_7 x_4 - k_3 x_2 x_6$$

$$\frac{dx_7}{dt} = k_2 x_3 x_4 - k_3 x_2 x_6 - k_6 x_7 x_4$$

$$\frac{dx_8}{dt} = k_4 x_5 - k_5 x_7 x_8$$

$$\frac{dx_9}{dt} = k_6 x_7 x_4 - k_7 x_9 x_{10}$$

$$\frac{dx_{10}}{dt} = k_9 x_{12} U + k_6 x_7 x_4 - k_7 x_9 x_{10} - k_8 x_{10} x_{11}$$

$$\frac{dx_{11}}{dt} = k_8 x_{10} x_{11} - k_9 x_{12} U(t)$$

$$\frac{dx_{12}}{dt} = k_9 x_{12} U - k_8 x_{10} x_{11}$$

Коэффициенты k_i — константы скорости соответствующих реакций. В данной работе они определены через данные о времени протекания соответствующей реакции, которые представлены были взяты из работы «физика мышечного сокращения» [5]. Время протекания реакции чаще всего находится в диапазоне 10–100 мс. Оценка усилия производится с помощью умножения x_3 на константу N. Эта константа обозначает число саркомеров умноженное на усилие развиваемое 1 саркомером. Стоит отметить, что число саркомеров зависит от размеров мышцы. Моделирование осуществлялось с помощь метода Рунге-Кутты 4 порядка точности. Вид функции потенциала возбуждения заранее неизвестен. Для моделирования требуется измерить ЭМГ. Для этого был проведен эксперимент.

Описание эксперимента

Экспериментальная установка представляет из себя аналогово-цифровой динамометр, структурная схема которого представлена на рисунке 3.

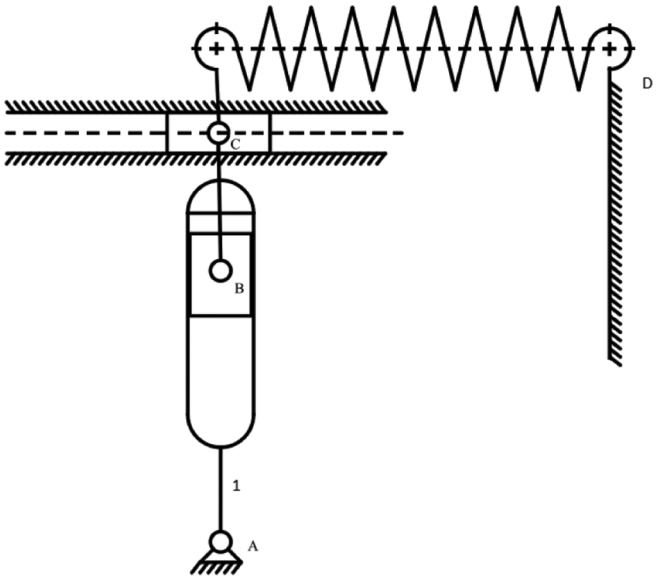


Рис. 3. Структурная схема установки

Измеряемой величиной является сила, действующая в точке D со стороны пружины. Но она измеряется не напрямую. Данную силу можно выразить через закон Гука, зная положение ползуна C. Положение ползуна C можно вычислить, зная угол поворота кулисы A (1). Угол поворота кулисы и измеряется напрямую. Зависимость длины пружины от угла поворота кулисы имеет вид: $l(\alpha) = l_0 \frac{\sin\alpha}{\sin\left(\alpha + \frac{\pi}{4}\right)}$м.

То есть усилие определяется как

$$F(\alpha) = k\frac{l_0}{\sqrt{2}}\frac{\sin\alpha}{\sin\left(\alpha + \frac{\pi}{4}\right)},$$

где k — жесткость пружины. В нашем случае $k = 588\ \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, l_0 — общая длина направляющей ползуна 20 см. На рисунке 4 представлена фотография экспериментальной установки.

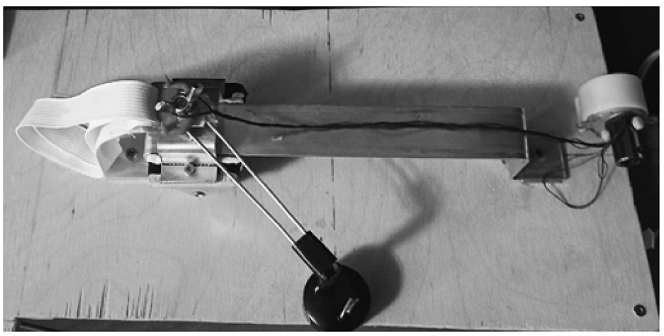


Рис. 4. Экспериментальная установки

План эксперимента:

1. Закрепление датчиков на предплечье и фиксация пружины на пальцах испытуемого.
2. Запуск установки, начало снятия ЭМГ.
3. Установка не прикладывает к пальцам усилия на протяжении длительного времени (20 секунд).
4. Установка прикладывает изменяемое во времени усилие, а испытуемый стремится оставить пальцы в исходном положении, что приводит к тому что усилие развиваемое мышцами предплечья оказывается примерно равным приложенному усилию.
5. Пауза в 10 с после приложения усилия.
6. Снятие датчиков и освобождение пальцев испытуемого.

Периоды ожидания подобраны для определения расслабленного состояния.

Выбор параметров

Константы скоростей протекания реакций определены как $\frac{1}{t_{\text{реакции}}}$. Начальные и граничные условия определяются через массы веществ участвующих в реакциях. Массы веществ определяются с помощью информации о массовых долях веществ мышц и массы мышцы. Информация о массовых долях взята из учебного пособия «Биохимия мышечной ткани». Масса мышц, задействованных в сокращении определена как 100 г. Коэффициент пропорциональности взят равным 25 $\frac{\text{Н}}{\text{г}}$.

Результаты

В результате эксперимента получены данные для моделирования. На рисунке 5 представлен полученный в ходе эксперимента график ЭМГ. На рисунке 6 представлен обработанный график ЭМГ. На рисунке 7 представлено сравнении измеренного значения усилия и оценки.

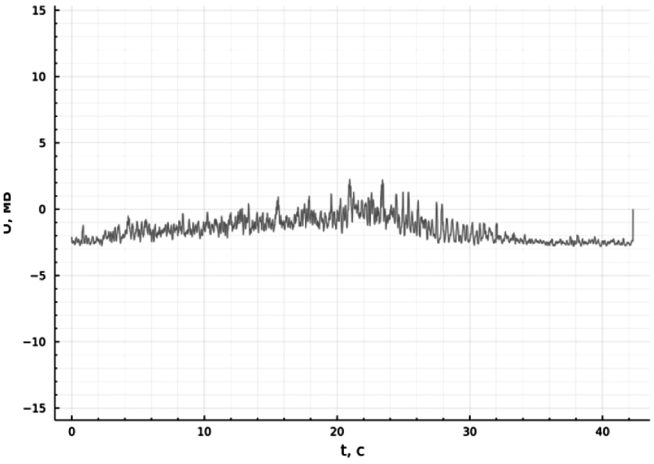


Рис. 5. Необработанный сигнал ЭМГ

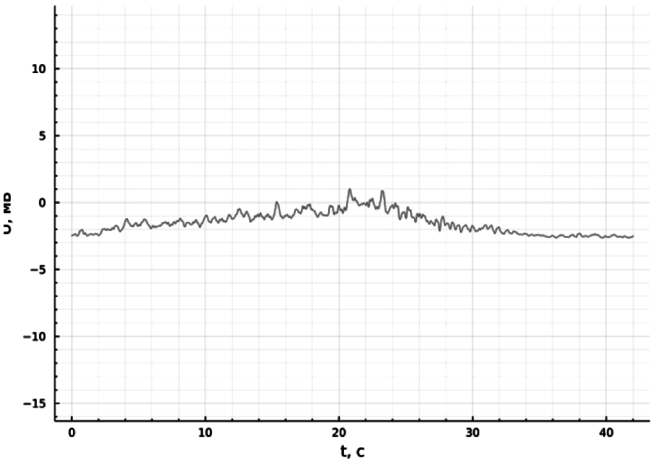


Рис. 6. Обработанный сигнал ЭМГ

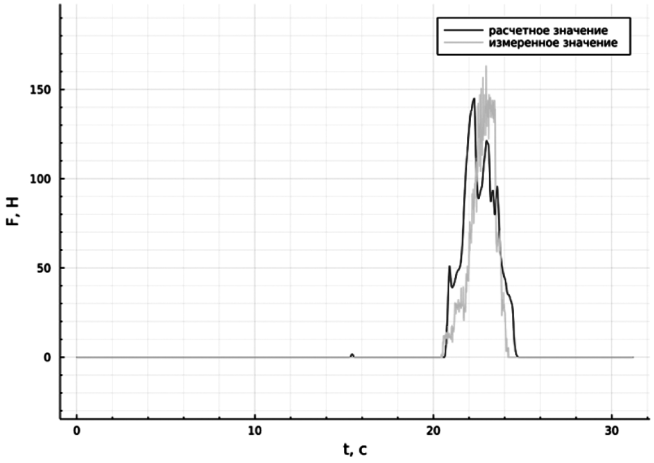


Рис. 7. Сравнение расчетного значения усилия с действительным

Для моделирования и обработки использовалась программа, написанная на языке Julia. Сигнал ЭМГ обрабатывался с помощью метода простого скользящего

среднего. В дальнейшем необходимо провести дополнительные эксперименты, с целью оценки влияния различных режимов работы мышц, на результаты работы модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lenzi, T., S.M. De Rossi, N. Vitiello and M.C. Carrozza, 2011. Proportional EMG control for upper-limb powered exoskeletons. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society., IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, pp: 628–631.
2. Realizing Efficient EMG-Based Prosthetic Control Strategy / Patrick Li, Oluwarotimi Samuel, Chuang Lin [и др.]. — Текст: непосредственный // Advances in experimental medicine and biology. — 2019. — № 11. — С. 149–166.
3. Динамика биопотенциалов мышц при различных статических нагрузках / О.Е. Филатова, А.Н. Инюшкин, А.Е. Баженова, С.В. Григорьева. — Текст: непосредственный // Вестник новых медицинских технологий. — 2018. — № 4. — С. 275–283.
4. Терентьев, А.А. Биохимия мышечной ткани: учебное пособие / А.А. Терентьев. М.: ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, 2019. — 76 с
5. Caruel, M. Physics of muscle contraction / M. Caruel, L. Truskinovsky. — Текст: непосредственный // Reports on Progress in Physics. — 2018. — № 3. — С. 036602.
6. Wang, Qian Calsequestrin. Structure, function, and evolution. / Qian Wang, Michalak Marek. — Текст: непосредственный // Cell calcium. — 2020. — № 90. — С. 628–631.

© Буржомов Саадир Айдемирович (saadirburzhomov@gmail.com); Татаренко Ирина Евгеньевна (i.e.tatarenko@samsmu.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.04

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

CURRENT STATUS AND DIRECTIONS FOR IMPROVING METHODS FOR DETECTING INFORMATION SECURITY INCIDENTS

M. Valeev

Summary: The article proposes to consider the issues of unauthorized access to protected information in a local area network, the development of attack methods and the current state of intrusion detection systems at the network level. The paper considers the features of using the SIEM information security event collection and correlation system and the need to improve information protection methods. In this paper, the author presents an analysis of the main advantages and disadvantages of systems for preventing possible information security incidents and fulfilling state requirements in the field of protecting critical information infrastructure. In the course of the study, methods for detecting intrusions in the corporate segment of an information system are presented, models of a network and host intrusion detection system are presented. By classifying information security events received from various systems, it is possible to draw a conclusion about the state of the entire protected object in real time.

Keywords: intrusion detection system, information security, unauthorized access, information security software, SIEM systems methodology, source of information security events, behavioral analysis.

Валеев Михаил Владимирович
Аспирант, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
waleew.miha@hotmail.com

Аннотация. В статье предлагается рассмотреть вопросы несанкционированного доступа к защищаемой информации в локально-вычислительной сети, развития способов проведения атак и современного состояния систем обнаружения вторжений на сетевом уровне. В работе рассмотрены особенности использования системы сбора и корреляции событий информационной безопасности SIEM и необходимость совершенствования методов защиты информации. В настоящей работе автором представлен анализ по основным преимуществам и недостаткам систем предотвращения возможных инцидентов информационной безопасности и выполнения требований государства в области защиты критической информационной инфраструктуры. В ходе исследования приведены методики обнаружения вторжений в корпоративный сегмент информационной системы, представлены модели сетевой и хостовой системы обнаружения вторжений. Классифицируя события информационной безопасности, полученные из различных систем, возможно сделать вывод о состоянии всего объекта защиты в режиме реального времени.

Ключевые слова: система обнаружения вторжений, защита информации, несанкционированный доступ, программные средства защиты информации, SIEM-системы методика, источник событий информационной безопасности, поведенческий анализ.

Введение

В эпоху цифровой трансформации и массового использования информационных технологий, организации сталкиваются с угрозами, которые могут нанести им значительный ущерб [1]. Кибератаки, утечки данных, вредоносные программы — все это лишь некоторые примеры инцидентов информационной безопасности, которые могут привести к серьезным финансовым и репутационным потерям. Поэтому понимание и эффективное управление рисками информационной безопасности становятся важнейшими задачами для организаций всех масштабов и отраслей.

За последние годы уровень угроз информационной безопасности значительно возрос, причем это касается как общественных, так и частных компаний. Насколько массовым стало явление нарушения ИБ, свидетельствует поразительная статистика, демонстрирующая, что инциденты информационной безопасности происходят в среднем 2–3 раза в месяц в сфере бизнеса, что приводит к огромным финансовым потерям [2]. Именно поэтому ежегодно компании вкладывают миллиарды рублей в системы защиты информации и встроенные программные средства, чтобы улучшать методы выявления инцидентов информационной безопасности и предотвращать их возникновение.

Одним из методов предотвращения инцидентов информационной безопасности является инвестиция в системы защиты информации. Некоторые существенные улучшения, полученные сейчас в этой области, связаны с использованием новейших технологий, таких как искусственный интеллект, блокчейн и машинное обучение. С их помощью можно определить новые угрозы, понимать, какие уязвимости стоит закрыть, и реагировать на инциденты быстрее, чем раньше [3].

Безусловным преимуществом новых систем являются их возможности по самообучению. С помощью машинного обучения, системы могут обновляться без участия оператора, что повышает скорость обучения

и делает их более эффективными в противодействии новым угрозам. С использованием блокчейн-технологий исключается возможность манипуляции данными, а искусственный интеллект может предотвращать атаки в режиме реального времени.

Однако, несмотря на значительный прогресс в этой области, необходимо учитывать, что методы выявления инцидентов информационной безопасности все еще являются очень сложными и могут быть неэффективными. Во-первых, многие компании не имеют запасных копий данных или планов аварийной эвакуации, что может привести к большим потерям в случае успешной атаки. Во-вторых, компании должны обеспечить наиболее важные с точки зрения информационной безопасности данные максимальной защитой, чтобы предотвратить утечку конфиденциальной информации.

Также значительное значение имеет эффективное обучение сотрудников компании в области информационной безопасности. Большинство атак происходят из-за ошибок персонала, поэтому обучение управляемому поведению в информационной системе и обучение безопасности в Интернете являются очень важными компонентами как для обеспечения защиты компании, так и для персональной безопасности.

Все большее количество организаций сталкивается с инцидентами информационной безопасности, что приводит к значительным материальным и репутационным потерям. Для защиты информации от киберугроз необходимо использование современных методов и технологий, чтобы обнаруживать и предотвращать возможные нарушения безопасности [5]. В данной статье рассматривается современное состояние и направления совершенствования методов выявления инцидентов информационной безопасности. В настоящее время существует несколько основных методов выявления инцидентов информационной безопасности:

— системы обнаружения вторжений (IDS);
— системы обнаружения аномалий (ADS);
— системы управления событиями безопасности (SIEM).

Системы обнаружения вторжений — это программные продукты, которые контролируют сетевой трафик и обнаруживают вторжения в систему. Они осуществляют анализ трафика на наличие признаков опасного поведения и выдают предупреждающие сообщения руководству. Системы обнаружения аномалий используются для обнаружения нестандартных и аномальных действий пользователей, которые могут являться признаками нарушения безопасности. Также они способны распознавать новые вирусы и использовать алгоритмы машинного обучения для определения подозрительных узлов сети. Системы управления событиями безопасности — это инструменты, которые собирают и анализируют данные из различных источников, таких как логи истории пользовательских действий, системные события и базы данных угроз. Они имеют возможность отслеживать события и создавать отчеты о произошедшем инциденте.

Несмотря на то, что перечисленные методы являются эффективными для выявления инцидентов информационной безопасности, они имеют свои ограничения [6]. Например, IDS и ADS могут давать ложноположительные и ложноотрицательные результаты, а SIEM не может обрабатывать большие объемы данных в режиме реального времени. Эти недостатки подталкивают к совершенствованию методов выявления инцидентов информационной безопасности.

Направления совершенствования методов выявления инцидентов информационной безопасности:

— применение машинного обучения;
— использование анализа больших данных;
— развитие технологий интеллектуальной защиты.

Говоря о применении машинного обучения, то это направление развития систем IDS и ADS, чтобы они могли с большей точностью определять наличие угроз. Методы машинного обучения, такие как нейронные сети и алгоритмы классификации, могут улучшить точность определения угроз и снизить число ложноположительных и ложноотрицательных результатов [7]. При использовании анализа больших данных мы говорим о новом направлении совершенствования методов SIEM, что в свою очередь позволяет сократить время обработки большого объема информации, а также увеличить точность определения угроз [8]. Технологии, такие как Hadoop и Apache Spark, могут быть использованы для обработки больших объемов данных в режиме реального времени. Ну и, наконец-то, говоря о развитии технологий интеллектуальной защиты мы имеем в виду такое направление развития методов защиты информации, которое позволяет создавать автоматические защитные механизмы. Использование таких технологий как когнитивные вычисления и нейронные сети могут нам помочь в повышении уровня безопасности информации [9].

Вышеописанные методы выявления инцидентов информационной безопасности являются эффективными средствами защиты информации. Однако, недостатки таких методов побуждают специалистов в области информационной безопасности к поиску новых решений и развитию уже существующих технологий. Таким образом, совершенствование методов выявления инцидентов информационной безопасности должно быть актуальным направлением развития ИТ-индустрии в ближайшие годы.

Материалы и методы

В настоящее время, когда информационные технологии позволяют обмениваться данными между компьютерами по всему миру, кибербезопасность становится одной из наиболее важных задач. В этой связи, системы обнаружения вторжений (СОВ) являются неотъемлемой частью комплекса мероприятий по обеспечению безопасности информации.

СОВ предназначены для мониторинга системы и обнаружения любых попыток несанкционированного доступа. Эти системы работают на принципе обнаружения аномалий, то есть атак, отличающихся от нормального поведения пользователя. Также СОВ могут обнаруживать вирусы, трояны и другие вредоносные программы.

Существует два основных типа СОВ: сетевые и хост-ориентированные. Сетевые СОВ мониторят сетевой трафик и обнаруживают аномалии на уровне соединения, транспортном и прикладном уровнях. Хост-ориентированные СОВ работают внутри операционной системы и мониторят поведение процессов, файловой системы, реестра и других компонент системы.

Для обнаружения аномальных событий в сетевом трафике, существует несколько методов, таких как: анализ подписей, статистический анализ, анализ поведения и другие. Анализ подписей заключается в поиске в трафике заранее известных сигнатур известных вирусов и других угроз. Статистический анализ основан на сравнении статистических данных трафика с заранее определенными параметрами нормальной деятельности сети. Анализ поведения заключается в построении профилей поведения пользователя и обнаружении несоответствия с этими профилями.

Хост-ориентированные СОВ используются для мониторинга процессов и действий внутри операционной системы. Это позволяет обнаруживать такие вещи, как изменение файловой системы, реестра и поведение процессов, что может указывать на наличие вредоносного кода в системе. В хост-ориентированных СОВ используются методы анализа поведения процессов, анализа сигнатур и анализа поведения файловой системы и реестра.

Одним из главных достоинств СОВ является их способность к интеграции с другими системами безопасности, таких как межсетевые экраны, антивирусные программы и т.д. Это позволяет строить комплексную систему защиты информации от множества угроз.

Однако, несмотря на все предпринятые меры, системы обнаружения вторжений не являются идеальными и могут давать ложные срабатывания. Также, если злоумышленник обладает достаточной квалификацией и использует новейшие методы атаки, то СОВ могут быть бесполезными.

Системы обнаружения аномалий (англ. anomaly detection systems) — это программные инструменты, предназначенные для выявления аномальных поведенческих паттернов в данных. Под аномалией понимается отклонение от нормального или ожидаемого поведения системы или предмета, что может указывать на наличие проблемы, ошибки или нарушения безопасности [10].

Применение систем обнаружения аномалий может быть широким и разнообразным. Например, такие системы могут использоваться для защиты корпоративных сетей и информационных систем от кибератак, защиты банковских транзакций от мошеннической деятельности, определения машинных отказов и проблем в производственных цепочках, контроля за безопасностью систем управления транспортными потоками и т.д.

Системы обнаружения аномалий основаны на анализе больших объемов данных, что позволяет выявлять скрытые корреляции и зависимости между переменными. Для этого могут применяться различные методы анализа данных, такие как статистический анализ, машинное обучение, искусственные нейронные сети и др.

Важными характеристиками систем обнаружения аномалий являются скорость и точность выявления аномалий. Системы должны быть быстрыми и эффективными, чтобы в режиме реального времени обрабатывать большие объемы данных и оперативно предупреждать о возможных проблемах. Точность выявления аномалий также имеет большое значение, чтобы избежать ложных срабатываний и неправильных диагностик.

Системы обнаружения аномалий могут использоваться как самостоятельные инструменты, так и в комплексе с другими технологиями [11]. Например, можно комбинировать системы обнаружения аномалий с системами мониторинга, чтобы обеспечить комплексный контроль за работой системы. Также можно использовать системы обнаружения аномалий для обнаружения новых угроз и вредоносных программ, а затем передавать информацию в системы защиты и блокирования.

В заключении можно сказать, что системы обнаружения аномалий — это важный инструмент для обеспечения безопасности и эффективности работы различных систем и предметов. Благодаря применению таких систем можно оперативно выявлять проблемы и предотвращать их нарушения, что является особенно важным в контексте современных технологических рисков и угроз.

Системы управления событиями безопасности (SIEM) — это комплексы программных и аппаратных средств, которые служат для обеспечения безопасности объектов. SIEM позволяют оперативно обнаруживать проблемы и реагировать на них, предупреждая открытие возможных угроз [12].

SIEM могут быть реализованы как на уровне государственных объектов, так и на уровне предприятий и организаций. Они являются необходимыми для обеспечения безопасности крупных объектов, таких как аэропорты, железные дороги, общественный транспорт, учреждения здравоохранения и т.д.

Системы управления событиями безопасности включают в себя набор мер по предотвращению и управлению последствиями различных угроз. Они предоставляются в виде комплекса программных средств, которые позволяют оперативно реагировать на возможные угрозы. Это могут быть следующие проблемы:

— угрозы кибербезопасности — хакерские атаки, сбои в работе сетевого оборудования, утечки конфиденциальных данных и т.д.;
— угрозы природных катастроф — наводнения, землетрясения, тайфуны, наводнения и т.д.;
— угрозы преступности — грабежи, нападения на персонал организации, мошенничество и т.д.;
— угрозы здоровью и безопасности — пожары, взрывы, аварии, террористические акты и т.д.
— SIEM состоит из следующих компонентов:
— датчики — средства, которые считывают информацию об изменении окружающей среды, данные о температуре, влажности, освещенности и т.д.;
— контроллеры — устройства, которые анализируют полученную информацию и принимают решение о том, какую меру необходимо принять в зависимости от ситуации;
— коммуникационные модули — устройства, которые обеспечивают связь между датчиками, контроллерами и другими устройствами системы;
— программное обеспечение — комплекс программ, которые обрабатывают и анализируют данные, полученные от датчиков и контроллеров.
— SIEM можно подавать несколько видов:
— локальные SIEM — предназначены для охраны отдельных зданий и территорий организаций;
— зональные SIEM — решают задачи обеспечения безопасности крупных территорий, таких как аэропорты, гостиницы, крупные промышленные объекты и т.д.;
— глобальные SIEM — служат для обеспечения безопасности национальных объектов и территорий, таких как государственные границы, ядерные электростанции и т.д.

SIEM имеет множество преимуществ. Во-первых, они позволяют оперативно реагировать на возникающие проблемы и устранять их в их самом раннем состоянии. Во-вторых, они повышают уровень безопасности объектов и сокращают риски потери имущества и возможных угроз жизни людей. В-третьих, SIEM дают возможность улучшить эффективность работы организации и повысить уровень ее производительности.

Таким образом, системы управления событиями безопасности являются неотъемлемой частью обеспечения безопасности крупных объектов и территорий. Они обеспечивают быстрое реагирование на возникающие проблемы и помогают снизить риски потерь и угроз жизни.

С ростом онлайн-активности и использования цифровых технологий, проблема информационной безопасности (ИБ) становится все более актуальной. Активное использование технологий ведет к росту количества информации, которую нужно обрабатывать и защищать. Один из важных аспектов ИБ — это выявление инцидентов безопасности. Зачастую несанкционированные действия могут произойти без заметных признаков, поэтому для обнаружения инцидентов применяются различные методы и алгоритмы, в том числе и машинное обучение.

Машинное обучение (Machine learning) — это подход, который позволяет компьютерной системе научиться решать задачи путем анализа и обработки данных без явного программирования. С помощью машинного обучения можно совершенствовать методы выявления инцидентов ИБ, увеличивая точность и скорость обнаружения [13].

Одним из основных подходов машинного обучения является обучение с учителем (Supervised learning). При таком подходе учатся распознавать различные виды данных, используя предварительно размеченные образцы (метки). Примером этого является классификация текстов, поправок на изображениях и многое другое. В задаче ИБ, можно использовать обучение с учителем с целью определения типов инцидентов, анализа вредоносного поведения и классификации типов сетевой атаки.

Другим подходом машинного обучения является обучение без учителя (Unsupervised learning). В данном случае, система получает данные на вход без каких-либо меток и самостоятельно выявляет закономерности и шаблоны в них. Этот подход может быть использован для анализа сетевой активности и выявления потенциально вредоносного поведения [14]. К примеру, можно использовать метод кластеризации, при котором данные разбиваются на определенное количество групп в зависимости от характеристик. Это позволит определить необычное поведение в сети и заблаговременно предотвратить возможную атаку.

Еще одним интересным подходом машинного обучения является обучение с подкреплением (Reinforcement learning). В данном случае, система обучается на основе наград и наказаний за выполнение или не выполнение определенных действий. Этот подход может быть использован для обучения системы быстрому реагированию на определенные инциденты безопасности.

Применение машинного обучения в ИБ также позволяет автоматизировать процессы обнаружения аномальной сетевой активности. Такие системы называются системами обнаружения вторжений (Intrusion detection system или IDS). Они используют различные методы машинного обучения для автоматического обнаружения вредоносного поведения в сети. IDS может быть ориентирован на различные типы вредоносных действий в сети, например, на атаки типа «человек по середине» и другие. Системы машинного обучения позволяют сократить время и уменьшить возможность ошибок в процессе анализа сетевой активности, что существенно повышает защиту от инцидентов ИБ.

Машинное обучение является мощным инструментом для выявления инцидентов ИБ. С его помощью можно совершенствовать методы анализа сетевой активности, классификации типов атак и выявления аномального поведения в сети. Благодаря машинному обучению, системы защиты от ИБ становятся более точными и быстрыми, что позволяет существенно повысить уровень безопасности информации. Однако, необходимо помнить, что машинное обучение не является универсальным решением для защиты от ИБ и должно использоваться в сочетании с другими методами защиты.

В настоящее время информационная безопасность (ИБ) является приоритетной задачей для многих организаций. Многие компании инвестируют большие деньги в ИБ, но не всегда эти инвестиции дают желаемый эффект. Одной из причин этого является то, что угрозы ИБ меняются очень быстро. Поэтому необходимо совершенствовать методы выявления инцидентов ИБ, используя современные инструменты.

Анализ больших данных (Big Data) — это один из таких инструментов. Он позволяет собирать связанные с ИБ данные из разных источников, например, журналов безопасности, данные о доступе к системам, а также данные, полученные из социальных сетей. С помощью анализа больших данных можно выявлять скрытые связи между различными событиями в компьютерных системах, чтобы быстро выявлять угрозы безопасности [15].

Преимущества использования анализа больших данных для выявления инцидентов ИБ:

— выявление проблем, не обнаруживаемых при обычном мониторинге событий;
— снижение времени отклика на угрозы ИБ;
— создание новых методов защиты данных на основе сведений, полученных из анализа больших данных;
— повышение эффективности работы экспертов по безопасности путем сокращения времени, затрачиваемого на ручной анализ данных.

В заключение стоит отметить, что использование анализа больших данных в ИБ — это неотъемлемый элемент многих систем защиты. Технологии успешно применяются в кибербезопасности благодаря своей способности отслеживать миллионы событий в режиме реального времени и результативно обнаруживать угрозы безопасности. Таким образом, использование анализа больших данных в качестве средства выявления инцидентов ИБ является основой для совершенствования методов безопасности.

В настоящее время Интернет является неотъемлемой частью жизни большинства людей. В то время как он предоставляет значительное количество удобств и возможностей, он также приносит множество угроз для безопасности. Криминальные элементы используют Интернет как инструмент для совершения преступлений, включая взломы, кражи личных данных и попытки мошенничества.

В свете этих угроз, цифровая безопасность становится все более важной. Компании и организации должны использовать эффективные методы защиты данных и выявления инцидентов ИБ, чтобы предотвратить утечки информации и минимизировать потенциальный ущерб. Развитие технологий интеллектуальной защиты — один из ключевых инструментов для совершенствования методов выявления инцидентов ИБ.

Одним из основных преимуществ интеллектуальной защиты является способность автоматически обнаруживать и предотвращать атаки ИБ [16]. Технологии, такие как машинное обучение и искусственный интеллект, могут отслеживать действия злоумышленников и выявлять подозрительную активность на ранней стадии, что позволяет быстро реагировать на потенциальную угрозу.

Кроме того, интеллектуальная защита может помочь в анализе больших данных, связанных с безопасностью. Технологии анализа данных позволяют собирать, обрабатывать и интерпретировать большие объемы данных, связанных с безопасностью, чтобы выявлять скрытые угрозы и предсказывать вероятные направления атаки. Это позволяет компаниям принимать точные и обоснованные решения для улучшения своей защиты.

Интеллектуальная защита также может повысить уровень управления информационной безопасностью

внутри компаний. Она позволяет автоматизировать процессы, связанные с безопасностью данных, такие как мониторинг, анализ и реагирование на события ИБ. Это упрощает процесс управления рисками и взаимодействия с акционерами.

Наконец, интеллектуальная защита может быть использована для создания адаптивных защитных механизмов. Она позволяет компаниям использовать быстрое обнаружение и анализ данных для адаптации к новым угрозам ИБ. Например, алгоритмы машинного обучения могут обновляться на основе опыта и обучаться распознавать новые виды атак, которые бывают уникальными для конкретных ситуаций.

В итоге, развитие технологий интеллектуальной защиты имеет огромный потенциал для совершенствования методов выявления инцидентов ИБ. Использование этих технологий позволяет компаниям и организациям защищать свои данные и минимизировать потенциальный ущерб, причиняемый атаками ИБ.

SIEM-системы (Security Information and Event Management) являются основными инструментами для мониторинга и анализа безопасности информации в современных организациях. Они обеспечивают сбор, корреляцию и анализ информации о событиях безопасности в режиме реального времени, позволяя выявлять угрозы и принимать соответствующие меры [17]. Однако, как и любые технологии, SIEM-системы имеют свои сильные и слабые стороны. Ниже приведен SWOT-анализ современных SIEM-систем.

Сильные стороны:
— широкий диапазон определения угроз: современные SIEM-системы могут обнаруживать и анализировать различные типы угроз, такие как вирусы, хакерские атаки, DDoS-атаки и фишинг;
— развитые и гибкие функции аналитики: современные SIEM-системы обеспечивают широкий набор инструментов для анализа событий безопасности, включая машинное обучение, искусственный интеллект и множество других методов;
— возможности адаптации: SIEM-системы позволяют быстро изменять наборы правил и запросов для улучшения работы системы на основе опыта анализа предыдущих угроз;
— эффективное управление угрозами: современные SIEM-системы позволяют реагировать на угрозы в режиме реального времени, обеспечивая защиту от многих угроз без интервенции операторов.

Слабые стороны:
— высокие затраты на внедрение: SIEM-системы являются дорогостоящими решениями, которые могут требовать значительных инвестиций для их внедрения и поддержания;
— требования к производительности: SIEM-системы требуют высокой скорости обработки и анализа информации о безопасности, поэтому для их использования необходимы мощные сервера и коммуникационные сети;
— сложность управления: SIEM-системы могут сохранять большие объемы данных, что может привести к серьезным проблемам управления ресурсами, конфигурации и обслуживания;
— подверженность ложным срабатываниям: SIEM-системы могут быть склонны к ложным срабатываниям и могут требовать значительных ресурсов для анализа и принятия решений в подобных случаях.

Возможности:
— разработка новых функций: SIEM-системы с каждым годом усовершенствуются, поэтому есть возможность разработки новых функций, таких как распознавание и анализ угроз на основе блокчейн-технологии;
— использование облака: Облачные решения могут быть использованы для ускорения и упрощения процессов SIEM-анализа, уменьшения затрат на обслуживание, а также для придания более высокой мобильности и доступности;
— развитие стандартов безопасности: вместе с развитием новых типов угроз, разрабатывается и новые стандарты безопасности, что дает возможность расширения функционалов и возможностей SIEM-систем.

Угрозы:
— возможность нарушения безопасности: SIEM-системы могут также стать объектом нападения злоумышленников и кибермафии, как и любые другие решения, которые работают с данным;
— большое количество данных: увеличение количества данных, хранящихся в SIEM-системах, также может стать причиной проблем безопасности информации;
— ограниченный человеческий ресурс: человеческий ресурс, нужный для обработки аналитики, может оказаться недостаточным для обнаружения и решения конкретных угроз в реальном времени.

В целом, можно заключить, что SIEM-системы могут обеспечивать высокий уровень безопасности и защиты данных в организации, но также могут столкнуться с проблемами затрат, управления и аналитики, особенно при работе с большим объемом данных [18]. Однако, возможности разработки новых функций и внедрения облачных решений могут привести к новым возможностям для улучшения работы SIEM-систем.

Таблица 1.

SWOT-анализ основных SIEM-систем

SWOT-анализ	Сильные стороны	Слабые стороны	Возможности	Угрозы
Внутренние факторы	1. Контроль доступа к системам 2. Автоматическое определение и реагирование на подозрительные действия 3. Интеграция с другими системами безопасности	1. Ресурсоемкость 2. Высокая стоимость 3. Сложность настройки	1. Разработка новых функций и алгоритмов 2. Заключение партнерских соглашений с производителями других систем безопасности	1. Атаки со стороны злоумышленников 2. Регуляторные изменения
Внешние факторы	1. Широкий выбор поставщиков SIEM-систем 2. Удобство интеграции с другими системами безопасности 3. Широкий спектр индустрий, в которых используются SIEM-системы	1. Необходимость частых обновлений 2. Ограничения на использование при решении определенных задач	1. Рост спроса на SIEM-системы на мировом рынке 2. Прирост количества цифровых угроз	1. Возможность перспективного сотрудничества с другими системами безопасности 2. Усиление конкуренции на рынке SIEM-систем

Основные выводы в виде SWOT-анализа по современным SIEM-систем представлены в таблице 1.

По вышеприведенному анализу необходимо внести изменения для совершенствования методов обнаружения вторжений на сетевом уровне при использовании SIEM-систем [19]:

— расширить возможности сбора данных: добавление новых источников и форматов данных;
— расширить аналитические возможности: добавление новых методов анализа и машинного обучения для обнаружения угроз;
— улучшить скорость обработки и анализа данных: оптимизация алгоритмов обработки и повышение производительности оборудования;
— улучшить пользовательский интерфейс: облегчить навигацию, упростить настройку, улучшить отображение результатов;
— произвести интеграцию с другими системами безопасности: улучшение совместимости и интеграции с другими системами защиты для повышения эффективности работы;
— улучшение системы обучения и повышения квалификации пользователей: улучшение качества обучения пользователей и повышение их квалификации в области информационной безопасности;
— улучшение системы мониторинга и управления угрозами: улучшение возможностей мониторинга и быстрого реагирования на угрозы;
— разработка улучшенных моделей безопасности: разработка и внедрение новых моделей безопасности для эффективного выявления угроз и защиты информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Домбровская, Л.А. Современные подходы к защите информации, методы, средства и инструменты защиты / Л.А. Домбровская, Н.А. Яковлева, Р.Е. Стахно. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: https://www.3minut.ru (дата обращения: 18.06.2023). — Загл. с экрана.
2. Кияев, В.И. Безопасность информационных систем / В.И. Кияев, О.Н. Граничин. — М.: Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. — 192 с.
3. Методика оценки устойчивости информационно-телекоммуникационной сети в условиях информационного воздействия / В.В. Баранов, М.А. Коцыняк, О.С. Лаута, В.М. Московченко // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 10, Инновационная деятельность. — 2017. — Т. 11, № 2. — С. 11–15.
4. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». — Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Современные системы защиты информации от НСД // Компания «Инфозащита». — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: http://itprotect.ru (дата обращения: 10.06.2023). — Загл. с экрана.
6. Ежгуров В.Н., Юмашева Е.С., Бач М.А. Проблемы внедрения системы обнаружения вторжения и устранения компьютерных атак // Материалы конференции ГНИИ «Нацразвитие», Санкт -Петербург, январь, 2018. С. 19–27.
7. Сироткин Д.В., Рекунков И.С., Лазунин К.А., Ильин К.В. Технические аспекты создания системы защиты информационного пространства // Информационные войны. 2017. № 3 (43). С. 84 — 88. БЕЗОПАСНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ = IT Security, Том 26, № 1 (2019).
8. Столяров В. Безопасность критической информационной инфраструктуры как она есть // Системный администратор. 2018. № 1–2 (182–183). С. 10–14.
9. Бринк Х., Ричардс Д., Феверолф М. Машинное обучение. СПб.: «Питер», 2017. 336 с.
10. Самсонова В.Г., Кулинич Р.С. Сравнительный анализ систем управления информационной безопасностью и событиями безопасности // Безопасные информационные технологии. Сборник трудов Седьмой всероссийской научно -технической конференции / под. ред. В.А. Матвеева — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. С. 248–253.

11. Кожевникова И.С. Анализ методов обнаружения аномалий для обнаружения сканирования портов // Молодой ученый. — 2017. — № 14. — С. 31–34. URL https://moluch.ru/archive/148/41829/ (дата обращения: 10.06.2023).
12. Котенко И.В., Саенко И.Б. Построение системы интеллектуальных сервисов для защиты информации в условиях кибернетического противоборства // Труды СПИИРАН. 2012. Вып. 3(22). С. 84–100.
13. Котенко И.В., Саенко И.Б. Архитектура системы интеллектуальных сервисов защиты информации в критически важных инфраструктурах // Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 1(24). С. 21–40.
14. Дойникова Е.В., Котенко И.В. Совершенствование графов атак для мониторинга кибербезопасности: оперирование неточностями, обработка циклов, отображение инцидентов и автоматический выбор защитных мер // Труды СПИИРАН. 2018. № 2 (57). С. 211–240.
15. Василишин Н.С., Ушаков И.А, Котенко И.В. Исследование алгоритмов анализа сетевого трафика с использованием технологий больших данных для обнаружения компьютерных атак // Аллея науки. 2018. № 6(22). С. 1012–1021.
16. Котенко И.В., Кулешов А.А., Ушаков И.А. Система сбора, хранения и обработки информации и событий безопасности на основе средств elastic stack // Труды СПИИРАН. 2017. № 5 (54). С. 5–34.
17. Федорченко А.В., Левшун Д.С., Чечулин А.А., Котенко И.В. Анализ методов корреляции событий безопасности в siem-системах. Часть 1 // Труды СПИИРАН. 2016. № 4 (47). С. 5–27.
18. Федорченко А.В., Левшун Д.С., Чечулин А.А., Котенко И.В. Анализ методов корреляции событий безопасности в siem-системах. Часть 2 // Труды СПИИРАН. 2016. № 6 (49). С. 208–225.
19. Браницкий А.А., Котенко И.В. Анализ и классификация методов обнаружения сетевых атак // Труды СПИИРАН. 2016. № 2 (45). С. 207–244.

© Валеев Михаил Владимирович (waleew.miha@hotmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.06

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В АРХИТЕКТУРЕ ВЕБ-СЕРВИСОВ

Вахромеева Екатерина Николаевна
канд. техн. наук, доцент, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва
9287701@mail.ru
Трифонов Илья Александрович
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва
ilya.trifonov.official@vk.com

Аннотация. Данная научная статья исследует оптимизацию передаваемых данных в клиент-серверной архитектуре с целью повышения доступности сервиса и улучшения производительности системы. В результате проведенной оптимизации удалось сократить объем передаваемых данных практически в пять раз, что представляет значительное достижение. Это оказывает положительное влияние на доступность сервиса, особенно в условиях ограниченной пропускной способности мобильных сетей или устаревшего оборудования провайдеров. Важно отметить, что размер данных, хранимых на сервере, практически не изменяется.

Применение разделения данных на «горячие» и «холодные» категории позволяет серверу работать более эффективно, обеспечивая высокую производительность и надежность системы. Это обеспечивает эффективное выполнение функций приложения и снижение рисков потери данных. Авторы статьи подчеркивают необходимость учета специфики каждой системы при выборе оптимизационных методов и механизмов хранения данных. Регулярный мониторинг и анализ производительности приложения являются важными компонентами для достижения наилучших результатов в оптимизации размера передаваемых данных.

Ключевые слова: клиент-серверная архитектура, сокращение объема данных, разделение данных, мониторинг производительности, методы оптимизации данных.

OPTIMIZATION OF DATA TRANSFER IN WEB SERVICES ARCHITECTURE

E. Vakhromeeva
I. Trifonov

Summary: This scientific article explores the optimization of transmitted data in a client-server architecture in order to increase service availability and improve system performance. As a result of the optimization carried out, it was possible to reduce the amount of transmitted data by almost five times, which is a significant achievement. This has a positive impact on the availability of the service, especially in conditions of limited mobile network bandwidth or outdated equipment of providers. It is important to note that the size of the data stored on the server remains virtually unchanged.

The use of separating data into «hot» and «cold» categories allows the server to work more efficiently, providing high performance and system reliability. This ensures that the functions of the application perform efficiently and reduce the risk of data loss. The authors of the article emphasize the need to take into account the specifics of each system when choosing optimization methods and data storage mechanisms. Regular monitoring and analysis of application performance are essential components to achieve the best results in optimizing the size of the transferred data.

Keywords: client-server architecture, data reduction, data sharing, performance monitoring, data optimization methods.

С развитием веб-приложений и увеличением объема передаваемых данных в сети, оптимизация процесса передачи становится важным аспектом для обеспечения эффективной работы веб-приложений. Один из ключевых факторов, влияющих на производительность и пользовательское взаимодействие с веб-приложениями, заключается в оптимизации размера передаваемых данных между клиентом и сервером. В современном информационном обществе, множество приложений, с которыми мы взаимодействуем, основаны на клиент-серверной архитектуре. Эта модель взаимодействия между компьютерными приложениями разделяет систему на две ключевые компоненты: клиентскую и серверную. Клиентское приложение функционирует на устройстве пользователя, а, в свою очередь, серверное приложение, как понятно из названия, располагается на сервере.

Процесс взаимодействия начинается с пользовательского взаимодействия с клиентским приложением, которое отправляет запросы на сервер для получения данных или выполнения определенных операций. Сервер обрабатывает эти запросы и отвечает, предоставляя запрошенную информацию или результаты операций, выполненных на сервере. Таким образом, клиентское приложение обращается к серверу с целью получения данных и осуществления функций, в то время как сервер отвечает за обработку запросов и хранение данных.

Такое взаимодействие между клиентом и сервером обеспечивает эффективную работу приложений, позволяя пользователю получать необходимую информацию и выполнять требуемые задачи, что повышает производительность.

Основное преимущество клиент-серверной архитектуры заключается в возможности распределения задач между клиентом и сервером. Клиент выполняет только то, что связано с интерфейсом пользователя и взаимодействием с пользователем, а все остальные задачи по обработке данных, хранению и передаче выполняются на сервере. Такой подход позволяет разделить нагрузку между двумя компонентами, сократить время отклика системы и повысить ее надежность.

Кроме того, клиент-серверная архитектура обеспечивает масштабируемость. Надежность приложения также повышается, поскольку если один из серверов перестает работать, клиенты могут переключиться на другой сервер. В результате, все эти преимущества делают клиент-серверную архитектуру привлекательным выбором при разработке приложений, обеспечивая эффективное распределение задач, масштабируемость и надежность системы.

В рамках клиент-серверной архитектуры, взаимодействие между клиентами и серверами происходит посредством разнообразных протоколов. Эффективное управление объемом передаваемых данных является важной задачей, требующей тщательного изучения при разработке таких приложений. Корректное управление объемом передачи данных играет ключевую роль в обеспечении высокой производительности и качества работы приложения, обеспечивая быструю загрузку страниц и плавное взаимодействие с пользователями. Это также позволяет сократить использование пропускной способности сети и затраты на хранение данных. Контроль объема данных и оптимизация способствуют безопасной передаче информации и эффективному использованию ресурсов сервера, таких как процессорное время и память, улучшая обработку запросов и общую производительность системы.

При выборе методов оптимизации и механизмов хранения данных важно учитывать особенности конкретной системы. Различные факторы, такие как объем и частота запросов, характер данных, доступные ресурсы и требования к отзывчивости, должны быть учтены при применении современных методов оптимизации, соответствующих потребностям системы.

Оптимизация размера передаваемых данных в клиент-серверной архитектуре является актуальной проблемой, которая может быть решена с помощью различных методов и технологий. Один из эффективных подходов включает разделение данных на «горячие» и «холодные» категории. Горячие данные, которые часто запрашиваются и активно изменяются, могут быть сохранены в быстродействующих кэшах на сервере для быстрого доступа клиентского приложения. Холодные данные, с другой стороны, могут быть сохранены в базе данных и запрашиваться по мере необходимости. Такой подход помогает сократить объем передаваемых данных, уменьшить нагрузку на сервер и повысить общую производительность и отзывчивость системы.

Решение о классификации данных как горячих или холодных требует тщательного анализа и учета особенностей конкретной системы, включая частоту запросов и изменений данных, а также их влияние на функциональность и взаимодействие с пользователем. Использование соответствующих механизмов хранения данных, основанных на классификации, играет важную роль в обеспечении эффективного функционирования системы.

Однако, следует отметить, что процесс определения горячих и холодных данных является динамическим и может изменяться в зависимости от изменений в поведении пользователей и требованиях системы. Поэтому регулярный мониторинг и анализ производительности приложения позволяют добиться наилучших результатов в оптимизации размера передаваемых данных.

Итак, оптимизация размера передаваемых данных в клиент-серверной архитектуре с помощью классификации на горячие и холодные данные является эффективным подходом, позволяющим снизить объем передачи информации, улучшить производительность системы и повысить отзывчивость веб-приложений.

Одним из таких методов является сжатие данных, которое позволяет уменьшить их размер перед передачей. Сжатие может быть применено к различным типам данных, таким как текст, изображения, аудио или видео. Это позволяет сократить объем передаваемых данных, уменьшить время передачи и снизить нагрузку на сеть.

Другим важным аспектом оптимизации размера передаваемых данных является минимизация избыточности информации. При разработке протоколов и форматов передачи данных следует избегать повторяющейся информации или излишней структуры, которая может увеличить объем передаваемых данных. Использование компактных форматов данных, таких как JSON или Protocol Buffers, может значительно сократить объем передаваемой информации.

Кроме того, оптимизацию можно достичь путем кэширования данных на клиентской стороне. Это позволяет избежать повторных запросов к серверу за одними и теми же данными, если они не изменились. Кэширование позволяет снизить объем сетевого трафика и ускорить отклик системы.

Также стоит учитывать влияние сетевых условий на производительность и передачу данных. Использование сжатия данных, оптимизация протоколов связи

и выбор эффективных алгоритмов передачи данных могут помочь справиться с проблемами низкой пропускной способности сети и снизить задержки при передаче данных.

Наконец, постоянное исследование и применение новых методов оптимизации данных в клиент-серверной архитектуре позволяет достичь лучших результатов и улучшить производительность системы. Развитие технологий и появление новых инструментов позволяют решать проблемы передачи данных более эффективно.

Объектом исследования является создание серверной архитектуры клиент-серверного приложения почтового веб-сервиса с реализацией разделения данных на горячие и холодные.

В ходе разработки сервера была использована среда выполнения Node.js, которая является открытой и кроссплатформенной, предоставляющей возможность выполнения JavaScript на стороне сервера. Node.js базируется на мощном JavaScript-движке «V8», который применяется в браузере Google Chrome. Однако, в отличие от браузера, Node.js обладает расширенными возможностями доступа к системным ресурсам, таким как файловая система, сеть и оперативная память, что позволяет создавать высокопроизводительные и масштабируемые серверные приложения.

Node.js обладает несколькими существенными преимуществами по сравнению с другими технологиями серверной разработки. Одно из ключевых преимуществ состоит в его способности обрабатывать запросы асинхронно, что позволяет эффективно обрабатывать большое количество запросов одновременно без блокировки исполнения потоков. Это достигается с использованием механизмов обратных вызовов или асинхронных функций.

Это асинхронное выполнение запросов в Node.js основывается на событийно-ориентированной архитектуре, где операции выполняются неблокирующим образом и их завершение сопровождается вызовом соответствующего обратного вызова. Такой подход позволяет эффективно использовать ресурсы сервера и снизить задержки в обработке запросов.

Кроме того, Node.js предоставляет разработчикам богатый набор модулей и библиотек, которые упрощают процесс разработки и расширяют функциональность серверных приложений.

При постановке задачи было принято решение ввода тестовых данных на сервер посредством передачи ему JSON-файла. Формат JSON используется для передачи структурированных данных между клиентом и сервером в сети. Он обладает читаемостью как для человека, так и для компьютера, кроме этого, позволяет элегантно представлять сложные иерархические структуры данных.

В качестве тестовых данных для почтового клиента был использован массив писем (объектов) в виде JSON-файла. Каждое из писем содержит в себе данные об авторе, получателях, заголовок, текст письма и некоторые другие служебные параметры. Наиболее популярным запросом к такому файлу может быть запрос списка писем, в котором не отображаются получатели и текст письма целиком. Полные же данные о письме запрашиваются только когда пользователь открывает определённое письмо.

Для обработки тестовых данных на сервере требуется прочитать исходный JSON-файл и создать переменный для хранения данных. Исходные данные из JSON-файла сохраняются в переменную hotData, переменная coldData является пустым объектом.

JavaScript-код:

```
const rawData = fs.readFileSync('db.json');
let hotData = JSON.parse(rawData);
let coldData = {};
```

На следующем этапе требуется выполнить индексирование писем и разделить данные на две переменные. В соответствии с целью задачи было решено выделить полный текст письма и список адресатов в холодные данные, поскольку они не являются необходимыми для частых операций. В горячих данных остается только начало текста письма, ограниченное до 100 символов, чтобы отобразить его в общем списке.

JavaScript-код:

```
hotData.forEach((letter, index) => {
 letter.id = index;
 coldData[index] = {
 to: letter.to,
 text: letter.text
 }
 letter.text = letter.text.slice(0, 100);
 letter.to = null
});
```

Для обеспечения целостности данных и явного способа их получения в качестве ключа к объекту с данными переменной coldData был выбран идентификатор письма, что упрощает поиск и убирает необходимость сортировки данных в переменной coldData.

В ходе исследования были проведены измерения объема передаваемых данных до и после применения оптимизации с использованием инструмента Chrome

DevTools. Chrome DevTools представляет собой набор инструментов для разработки и отладки веб-приложений, который поставляется с браузером Google Chrome. Эти инструменты предоставляют разработчикам доступ к содержимому веб-страниц и обладают мощными возможностями для отладки и анализа производительности веб-приложений. В ходе исследования мы изучили изменения в объеме передаваемых данных до и после применения оптимизации, результаты которых показаны на рис. 1–2.

Для работы с тестовыми данными на сервере сначала необходимо прочитать исходный JSON-файл и создать переменные для хранения данных. Изначально все данные будут занесены в переменную hotData, а coldData будет проинициализировано пустым объектом.

JavaScript-код, выполняющий данные операции:

```
const rawData = fs.readFileSync('db.json');
let hotData = JSON.parse(rawData);
let coldData = {};
```

Следующим шагом необходимо выполнить индексирование писем и разделение данных в две переменные. Исходя из поставленной задачи, было принято решение вынести в холодные данные полный текст письма и список адресатов, так как они не являются необходимыми при частой операции — получении списка писем. В горячих данных остался текст письма до 100 символов, чтобы отобразить начало письма в общем списке. Помимо этого, во время индексирования происходит проверка того, имеются ли у письма вложения и в случае их наличия происходит сохранение вложенного изображения на сервере, а в данных сохраняется ссылка на файл, по которому в интерфейсе будет загружаться изображение и отображаться пользователю.

Также проверяется список получателей письма и наличие у них изображений профиля, все обнаруженные аватары (изображения профиля) сохраняются на сервере и при передаче данных отправляется только ссылка на это изображение, что значительно уменьшает количество передаваемых данных.

JavaScript-код, реализующий данные манипуляции:

```
hotData.forEach((letter, index) => {
letter.id = index;
if (letter.hasOwnProperty('doc')) {
```

Name	Status	Type	Initiator	Size
inbox?limit=20&offset=0&isUnre...	200	fetch	MailService.js?...	59.8 kB
inbox?limit=20&offset=20&isUnr...	200	fetch	MailService.js?...	68.9 kB
inbox?limit=20&offset=40&isUnr...	200	fetch	MailService.js?...	56.8 kB
inbox?limit=20&offset=60&isUnr...	200	fetch	MailService.js?...	59.3 kB
inbox?limit=20&offset=80&isUnr...	200	fetch	MailService.js?...	59.2 kB
inbox?limit=20&offset=100&isUn...	200	fetch	MailService.js?...	63.2 kB
inbox?limit=20&offset=120&isUn...	200	fetch	MailService.js?...	65.8 kB
inbox?limit=20&offset=140&isUn...	200	fetch	MailService.js?...	25.0 kB

Рис. 1. Измерения размера передаваемых данных до проведения оптимизации

Name	Status	Type	Initiator	Size
inbox?limit=20&offset=0&isUnre...	200	fetch	MailService.js?...	12.0 kB
inbox?limit=20&offset=20&isUnr...	200	fetch	MailService.js?...	11.9 kB
inbox?limit=20&offset=40&isUnr...	200	fetch	MailService.js?...	12.3 kB
inbox?limit=20&offset=60&isUnr...	200	fetch	MailService.js?...	11.0 kB
inbox?limit=20&offset=80&isUnr...	200	fetch	MailService.js?...	12.0 kB
inbox?limit=20&offset=100&isUn...	200	fetch	MailService.js?...	11.9 kB
inbox?limit=20&offset=120&isUn...	200	fetch	MailService.js?...	11.2 kB
inbox?limit=20&offset=140&isUn...	200	fetch	MailService.js?...	5.6 kB

Рис. 2. Измерения размера передаваемых данных после проведения оптимизации

```
    const docImg = letter.doc.img;
    if (Array.isArray(docImg)) {
    const imagesUrls = [];
    docImg.forEach(image => {
    imagesUrls.push(makePictureAndUrl(image,
pictureTypes.attachments));
    });
    letter.doc.img = imagesUrls;
    } else {
    letter.doc.img = makePictureAndUrl(docImg,
pictureTypes.attachments);
    }
    }
    if (letter.hasOwnProperty('author')
    && letter.author.hasOwnProperty('avatar')) {
    letter.author.avatar = makePictureAndUrl(letter.author.
avatar, pictureTypes.avatars);
    }
    if (letter.hasOwnProperty('to')) {
    letter.to.forEach(person => {
    if (person.hasOwnProperty('avatar')) {
    person.avatar = makePictureAndUrl(person.avatar,
pictureTypes.avatars);
    }
    });
    }
    coldData[index] = {
    to: letter.to,
    text: letter.text
    }
    letter.text = letter.text.slice(0, 100);
    letter.to = null
    });
    hotData.sort(sortFunctionByDate).reverse();
```

В результате оптимизации, объем передаваемых данных был сокращен практически в пять раз, что является значительным достижением. Это улучшает доступность сервиса даже при ограниченной пропускной способности мобильных сетей или устаревшего оборудования у провайдеров. При этом размер данных, хранимых на сервере, почти не изменяется. Разделение данных позволяет серверу работать более эффективно, обеспечивая высокую производительность и надежность. Это, в свою очередь, позволяет приложению эффективно выполнять свои функции.

С полным кодом проекта можно ознакомиться в репозитории по ссылке https://github.com/IlyaTrifonov/vk-cup-s1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клиент-серверная архитектура | Введение в интернет: [Электронный ресурс]. URL: https://ru.hexlet.io/courses/internet-fundamentals/lessons/client-server/theory_unit (дата обращения: 16.02.2023).
2. URL: https://appmaster.io/ru/blog/masshtabiruemost-vazhna (дата обращения: 28.02.2023).
3. Протоколы Интернета и электронной почты: [Электронный ресурс]. URL: https://professorweb.ru/my/csharp/web/level1/1_6.php (дата обращения: 02.03.2023).
4. Documentation | Node.js: [Электронный ресурс]. URL: https://nodejs.org/en/docs (дата обращения: 03.03.2023).
5. Working with JSON — Learn web development | MDN: [Электронный ресурс]. URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/JavaScript/Objects/JSON (дата обращения: 04.03.2023).
6. Chrome DevTools — Chrome Developers: [Электронный ресурс]. URL: https://developer.chrome.com/docs/devtools/ (дата обращения: 09.03.2023).

© Вахромеева Екатерина Николаевна (9287701@mail.ru); Трифонов Илья Александрович (ilya.trifonov.official@vk.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.07

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ

Волков Александр Александрович
кандидат технических наук, проректор по образованию, НИТУ МИСИС (г. Москва)
volkov@edu.misis.ru
Отбеткина Татьяна Алексеевна
директор центра «Академия данных made», НИТУ МИСИС (г. Москва)
otbetkina.ta@misis.ru
Видманова Анна Николаевна
член ГАК, НИТУ МИСИС (г. Москва)
vidmanova.a@gmail.com

IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF DATA-DRIVEN LEARNING MANAGEMENT

A. Volkov
T. Otbetkina
A. Vidmanova

Summary: Big data represents a significant decision-making tool in educational processes, allowing for not only improvements in the quality of education, but also the formation of effective strategies, allowing users to effectively make decisions based on the results of predictive and prescriptive analytics. In addition, educational data are used to analyze and predict student behaviors and learning outcomes to ensure the high quality of educational programs.

Nevertheless, even though educational data offer significant opportunities, there are a few challenges associated with their effective and timely application, such as compatibility, data processing and storage, security, confidentiality, and ethics.

This article reports on a study that aimed to determine whether the effectiveness of learning management could be enhanced through the development of a more rigorous academic environment and a stimulation intervention designed for a particular graduate program at a particular university. The study used data from several study groups. It collected qualitative and quantitative data to examine the impact of the environment and the stimulation of 173 students, as well as benchmark group data from 22 students.

The results showed that exposure to a more rigorous academic environment with minimized gamification, as well as the application of a stimulation intervention, was successful in improving scores for several metrics. This article indicates the importance of updating and using educational data to enhance learning management, as well as the need to increase knowledge in this area.

Keywords: learning management; educational data; stimulating intervention.

Аннотация. Большие данные могут быть серьезным инструментом для принятия решений в вопросах образовательного процесса, позволяя не только повышать качество образования, а также формировать действенную стратегию, принимать эффективные решения на основе результатов прогнозной и предписывающей аналитики. Кроме того, образовательные данные используются для анализа и прогнозирования поведения студентов, результатов обучения для обеспечения высокого качества образовательных программ.

Тем не менее, даже не смотря на значительные возможности, которые дают образовательные данные, существует ряд проблем, связанных с их эффективным и своевременным использованием, такие как совместимость, обработка, хранение данных, а также безопасность, конфиденциальность и этика.

В этой статье сообщается об исследовании, целью которого было выяснить, можно ли повысить эффективность управления обучением с помощью формирования более строгой академической среды и стимулирующего вмешательства, разработанных для конкретной программы магистратуры в конкретном университете. В ходе исследования использовались данные нескольких учебных групп. В исследовании были собраны качественные и количественные данные для изучения влияния среды и стимулирования 173 студентов, и данные бенчмарк группы из 22 студентов.

Результаты показали, что воздействие более строгой академической среды с минимизацией геймификации, а также стимулирующего вмешательства было успешным в повышении показателей нескольких метрик. В статье указывается важность обновления и использования образовательных данных для повышения эффективности управления обучением, а также на необходимость расширения знаний в этой области.

Ключевые слова: управление обучением, образовательные данные, стимулирующее вмешательство.

Введение

Превалирующая цель высшего образования заключается в помощи студентам в вопросах формирования правильных взглядов на жизнь, ценностей, кроме этого, безусловно, в вооружении научными знаниями и идеями, а также в предоставлении возможностей проявления и развития творческих талантов.

Быстрое развитие программного обеспечения и методов анализа данных, а также растущий интерес в области применения принципов бизнес-аналитики к образовательным процессам, привели к появлению интеллектуального анализа образовательных данных и развитию аналитики обучения с целью управления обучением на основе данных.

Основной принцип учебной аналитики заключается в извлечении полезной информации из большого объ-

ема данных, генерируемого в процессе обучения. Полученная информация используется для применения на различных этапах участниками образовательного процесса — студентов, преподавателей, руководителей подразделений и администрации высшего учебного заведения.

Цели применения полученных данных могут варьироваться в зависимости от ситуации: прогнозирование академической успеваемости, внедрение системы «красных флагов», снижение процента убытия студентов и т.д.

В этом контексте наиболее остро стоит вопрос своевременности и чистоты получаемых данных. Теме аналитики обучения больше 10 лет, однако, до настоящего времени используются точечные метрики, которые доказывают очевидные или уже состоявшиеся факты. Именно развитие интерактивных технологий в сфере образования предъявляет новые требования к метрикам, подчеркивающих саму суть образования.

Авторы статьи считают, что возможны подходы в образовании с использованием инструмента, который позволит обеспечить доказательную базу для принятия решений и их масштабирования, а именно управление обучением на основе данных. Подходы, основанные на данных, могут дать четкий обзор точек роста участников образовательного процесса — будь то студент или преподаватель. Эти подходы также предоставляют необходимый инструментарий для поддержки индивидуальных траекторий развития студента и могут помочь преподавателям определить наилучшие пути обучения для каждого студента.

Литературный обзор

В последние годы многие исследователи сосредоточились на теме управления обучением на основе данных. В данном разделе авторы обсудят некоторые из существующих работ и исследований в этой области и их влияние на повышение эффективности управления обучением.

Например, формирование портфолио может быть полезным инструментом для студентов и учебных заведений, поскольку в нем можно отразить все достижения и интересы студента в течение учебного процесса. Это может включать не только результаты учебной деятельности, но и участие во внеучебной: проекты, презентации, выступления на конференциях и другие активности, которые могут отражать профессиональный и личностный рост студента.

Так, в рамках реализации образовательного проекта программы развития Приоритет–2030 «Разработка унифицированной модели компетенций инженера опережающих технологий» [17] авторы предлагают собирать разносторонний профиль, оценивая гибкие, профессиональные и цифровые компетенции студента. При этом гибкие и цифровые компетенции включают в себя: коммуникация; командообразование; предпринимательские навыки и управление проектами; искусственный интеллект и цифровые компетенции; общие цифровые навыки; моделирование и программирование; передовые сквозные технологии; эмоциональный интеллект; эффективное мышление. Но основе ряда показателей (средний балл по дисциплинам и оценка компетенций) студенту присваивается статус — то есть уровень освоения компетенций. Предполагается, что отслеживать свой прогресс студент сможет в личном кабинете. Такой подход к оценке профиля студента может помочь учебным заведениям определить скрытые таланты и потенциал студентов, что в свою очередь поможет им в построении карьеры и взаимодействии с будущими работодателями. Кроме того, предполагается, что такой подход станет подспорьем для студентов в более точном определении своих интересов и профессиональных целей.

Одним из ключевых показателей эффективности управления обучением можно считать увеличение количества выпускников. Так, Международный университет Флориды добился увеличения этого показателя на 10 % с помощью технологий прогнозного моделирования успеваемости и эффективного превентивного сопровождения [7]. Как правило, набор метрик прогнозного моделирования успеваемости включает в себя: пол, национальность, место жительства, уровень семейного дохода, CGPA (Cumulative Grade Points Average), посещаемость, курс, успеваемость (выполнение практических работ, результатов тестов, промежуточные оценки), общее количество кредитных часов [1]. Предлагаемая авторами исследования прогностическая модель успеваемости помогает студентам избежать плохих оценок, а преподавателю — прогнозировать завершение курса, включая итоговую оценку студента, которая считается прямым показателем его успехов.

Учебная аналитика также используется в рамках внедрения систем раннего предупреждения для прогнозирования успеваемости студентов [4]. Университет Western Governors практикует прогностическое моделирование для повышения удержания контингента путем выявления студентов из группы риска и разработки программ раннего воздействия [9].

В ряде исследований заявляется, что данные об эмоциональной включенности студентов могут использоваться для повышения вовлеченности в обучение [15]. Эпистемические эмоции при онлайн-обучении, согласно авторам исследования, влияют на учебный процесс из-за отсутствия обратной связи в режиме реального

времени. Кроме того, отмечается, что эти эмоции могут ограничивать или, наоборот, активизировать процесс обучения. Исследование показало, что положительные эмоции способствуют успеваемости, в то время как отрицательные эмоции могут вызывать разочарование или тревогу, что приводит к нарушению учебного процесса. И выявляют эмоциональное состояние человека, исходя из того, как он ведет себя при обучении на онлайн-платформе.

Распознавание эмоционального состояния человека [5] стало возможным и благодаря относительно новой технологии обработки видеопотока. Обрабатывая изображения из видеопотока, искусственная нейронная сеть диагностирует ряд состояний человека, такие как гнев, удивление, отвращение, счастье. Пилотный запуск проекта по применению данной технологии показал, что достоверность получаемых данных составляет порядка 72 % [16].

Нейроинтерфейсы постепенно становятся постоянным элементом в обучении [11]. Эксперты предлагают использовать технологию для того, чтобы отслеживать активность мозга обучающегося и подбадривать его, если тот теряет концентрацию. Также нейроинтерфейсы помогают подстраивать контент под индивидуальные особенности человека, давать ему нужную интенсивность.

Технология ай-трекинг (отслеживание положения глаз) [18], используемая в образовании, предполагает, что через трекинг глаз можно еще на стадии изучения курса определить, насколько успешно студент сдаст экзамен по дисциплине. По тому, как человек читает материалы или смотрит обучающие видео, можно с большой долей вероятности сказать, насколько он осознает, что изучает, как хорошо усваиваются знания.

Также, аналитика качества коммуникаций может быть использована для глубокого анализа ораторского мастерства преподавателя [10]. В качестве метрик используются содержательность речи, ее связность, сложность восприятия и эмоциональность.

С повсеместным использованием LMS в вузах увеличились и попытки анализа обучения на основе данных из этих систем. Используются не только данные для анализа результатов обучения отдельного студента, а также исследуются наборы показателей, основанных на логарифмических данных, для облегчения групповой оценки на курсах обучения для прогнозирования оценки команды при групповой работе [8]. Анализ данных LMS, проведенный в одном из австралийских университетов [6], выявил положительную корреляцию между вовлеченностью студентов и вкладом преподавателей, и, что интересно, отрицательную корреляцию между вовлеченностью студентов и содержанием курса. При этом некоторые исследования делают акцент на конкретном формате обучения, например, таком как перевернутый класс [2, 14]. И считают, что отслеживание действий по подготовке к занятиям (взаимодействие с контентом, прохождение тестов и пр.) с помощью learning analytics позволяет на ранней стадии прогнозировать учащихся из группы риска. Есть также исследования, которые ориентированы на повышение вовлеченности учащихся конкретного стека Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) [12].

В то же время, часть исследователей подчеркивает важность правильного применения элементов дизайна онлайн-курсов для вовлечения учащихся в реальную деятельность [13]. Например, подсказки к выполнению заданий и вопросы для самопроверки, предложения тьюторов, встроенные в видеоролики, или другие элементы дизайна могут побудить участников применять эту практику в их собственных контекстах. Такой метод можно условно определить как стимулирующее вмешательство (nudge intervention).

В частности, результаты исследования [3] в одном из региональных университетов Австралии показали, что использование стимулирующего вмешательства стало успешным фактором в повышении уровня вовлеченности в онлайн-курсы, и также было определено, что для повышения показателей успеха необходимо создание предварительных условий для такого стимулирования.

Использование образовательных данных может иметь различные цели, которые зависят от конкретной ситуации, такие как прогнозирование успеваемости студентов, снижение процента отсева, повышение заинтересованности студентов в учебном процессе и другие. При этом ключевыми факторами являются своевременность и точность получаемых данных. В области аналитики обучения используются точечные метрики, которые подтверждают уже известные факты. Однако, развитие новых интерактивных технологий в сфере образования требует использования более эффективных метрик, которые отражают суть образования.

Авторы статьи считают, что в образовании можно использовать инструмент для создания доказательной базы, которая поможет принимать и масштабировать решения на основе данных. Основная идея заключается в использовании данных для управления обучением, которое должно быть персонализированным и адаптивным, а акцент делается на формировании реальных практических навыков, а не только на соблюдении учебных стандартов. Этот подход позволяет учитывать цели обучения каждого конкретного студента и развивать его потенциал.

С использованием данных возможно оценить точки роста и потенциал развития каждого участника образовательного процесса, включая студентов и преподавателей. Эти подходы предоставляют инструменты для поддержки индивидуальных траекторий развития студента и могут помочь преподавателям определить наилучшие пути обучения для каждого студента.

Материалы и методы

Данное исследование было осуществлено с использованием смешанных методов, объединивших сбор качественных и количественных метрик для изучения влияния различных факторов на вовлеченность студентов в нескольких учебных группах. Использование смешанного подхода позволило рассматривать показатели различных метрик и получить более объемную картину. Влияние факторов проводилось в рамках двух учебных групп одной образовательной онлайн-программы. Общее число зачисленных студентов в две группы, участвующих в исследовании, составило 173 человека, из которых 103 приступили к обучению в 2020 году, и 70 — в 2021 году. В качестве бенчмарки взяты данные этой же образовательной программы, которая реализуется в очном формате. Количество студентов «классической» учебной группы — 22 человека, которые приступили к обучению в 2021 году. Поскольку авторы этой статьи стремились оценить влияние различных факторов на вовлечение студентов в учебный процесс, данные были собраны и проанализированы с помощью набора определенных метрик.

В таблице 1 мы перечислим примеры различных метрик, которые, как связаны с использованием учебной аналитики.

Как показывают представленные примеры метрик, образовательные данные могут использоваться в различных областях (рис. 1), таких как:

— принятие управленческих решений;
— выбор дизайна обучения (педагогика);
— анализ психологических факторов, влияющих на обучение;
— учебная аналитика.

Таблица 1.

Примеры метрик, методов и источников сбора данных

Метрика	Метод / Источник сбора данных	Стейкхолдер
CSAT, Customer Satisfaction	Survey	Admins, Students
CDSAT, Customer Dissatisfaction Score	Survey	Admins, Students
CSI, Customer Satisfaction Index	Survey	Admins, Students
NPS, Net Promoter Score	Survey	Admins, Students
AR, Achievement rate	Statistical information	Admins
Движение контингента	Statistical information	Admins
Показатель трудоустройства выпускников	Statistical information	Admins
COR, Completion Rate	Statistical information	Admins
RR/PR, Retention rate / Progress rate	Statistical information	Admins, Educators
Balance	Curriculum	Educators
Polls Rate Teachers	Survey	Educators, Students

Тем не менее, настоящее внедрение учебной аналитики начинается только после определения паттернов, которые способствуют развитию более глубокого понимания в области академических навыков, когнитивных компетенций и психологического поведения студентов. Поэтому важно классифицировать собранную информацию в соответствии с областью, находящейся в стадии изучения и/или требующей улучшения.

Авторы определили 5 ключевых метрик, которые посчитали критически важными для определения вовлеченности студентов:

— Net Promoter Score, NPS — индекс лояльности — насколько пользователи готовы рекомендовать эту программу;

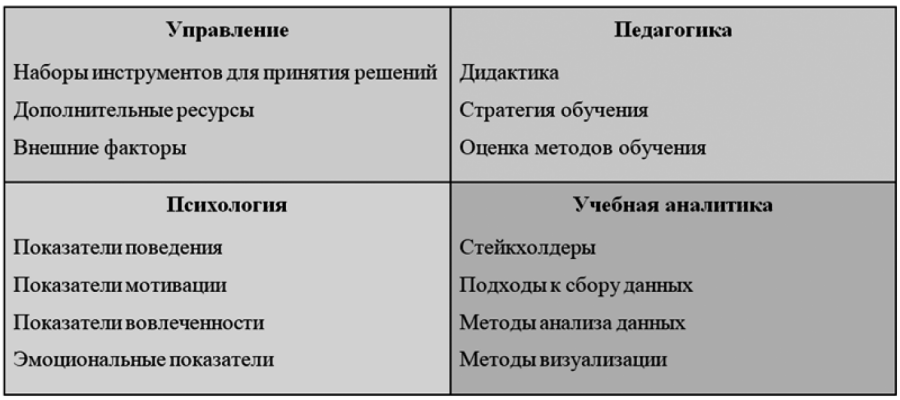


Рис. 1. Параметры классификации данных в различных областях

— Completion Rate, COR — соотношение поступивших на программу и количество окончивших программу;
— RetentionRate/ProgressRate,RR/PR—прогресспользователей в рамках программы; переход с уровня на уровень и/или возвращаемость студента;
— Satisfaction Rate, SR — уровень удовлетворенности студентов (соотношение положительных и отрицательных отзывов по курсу);
— Achievement Rate, AR — % положительных оценок (4 и 5, например) по отношению к общему числу дошедших до финальной аттестации;
— Balance — соотношение основных образовательных форматов в программе.

Метрики рассчитывались по следующим формулам:

$$NPS = \left(\frac{\text{Количество студентов}(8-9\text{ баллов})}{\text{Количество опрошенных студентов}} - \frac{\text{Количество студентов}(0-6\text{ баллов})}{\text{Количество опрошенных студентов}} \right) \times 100\%.$$

$$COR = \frac{\text{Количество завершивших обучение}}{\text{Количество начавших обучение}} \times 100\%.$$

$$RR = \frac{\text{Количество студентов в конце обучения} - \text{Количество студентов, вышедших из АКО}}{\text{Количество студентов в начале обучения}} \times 100\%.$$

$$SR = \frac{\text{Количество положительных отзывов по программе}}{\text{Количество опрошенных студентов}} \times 100\%$$

$$AR = \frac{\text{Количество оценок выше 4 баллов}\ (\text{средняя успеваемость за весь период обучения})}{\text{Количество студентов, завершивших обучение}} \times 100\%.$$

Важно также отметить, что студенты двух групп обучались на разных платформах: платформе 1 и платформе 2. Платформа 1 содержит большое количество элементов геймификации обучения (прогресс, микробейджинг), возможность оценивать контент и преподавателя конкретной дисциплины и пр. (рис. 2).

Платформа 2 more academic strictly: применение геймификации сведено к минимуму.

Кроме этого, прогресс каждого студента контролировался куратором (1 куратор работал с 50 студентами). Функционал куратора включает в себя помощь студенту по всем личным и административным вопросам; обеспечение взаимодействия между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и асинхронное; контроль успеваемости каждого студента и результатов освоения программы магистратуры. Платформа 2 содержит функционал, позволяющий создавать специальные отчеты об активности студента и при этом сигнализировать, когда студент, например, не появлялся на платформе больше 1 недели (см. рис. 3).

Сбор данных проходил в несколько этапов. Во-первых, каждая группа по окончании учебного семестра проходила опросы, результаты которых были использованы для расчета показателей метрик (рис.4).

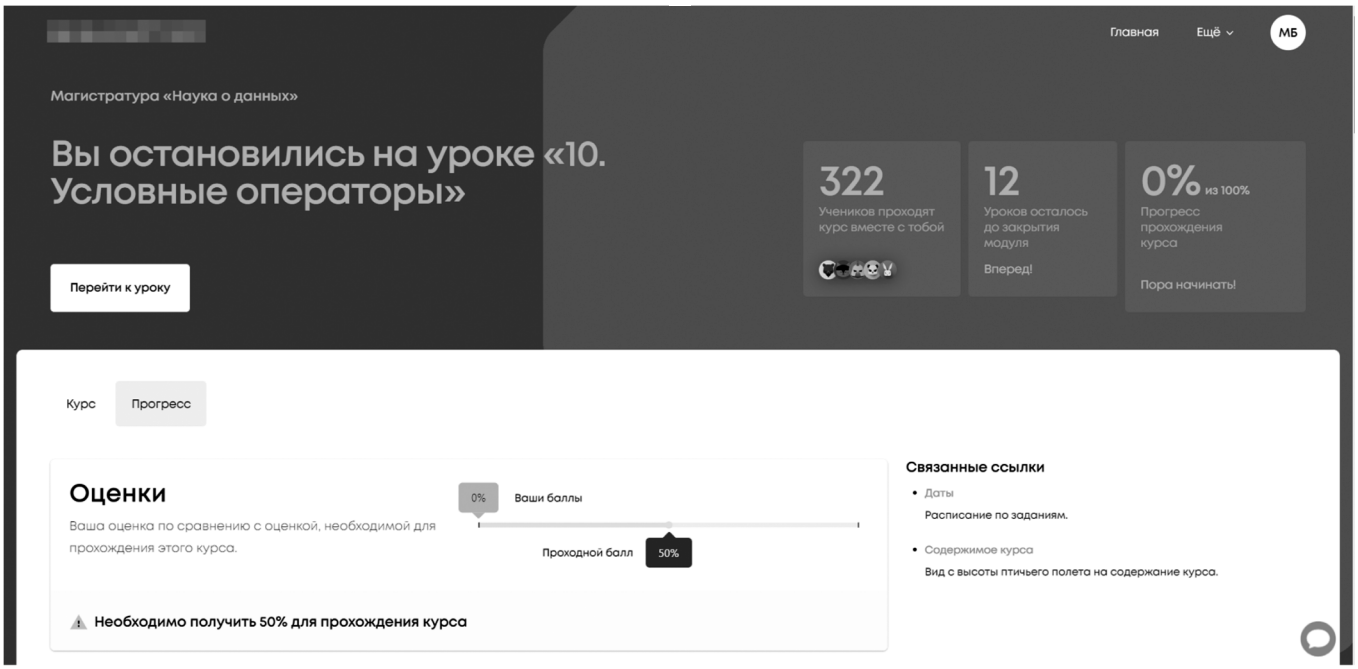


Рис. 2. Скриншот Платформы 1

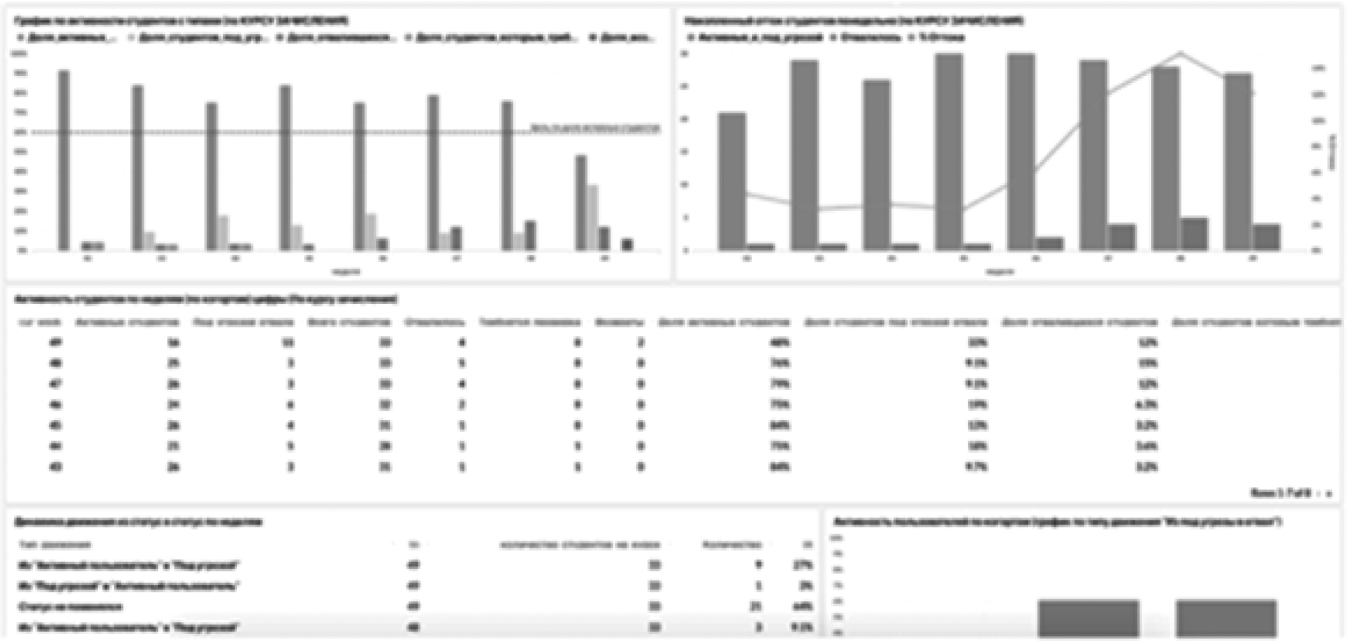


Рис. 3. Скриншот отчета об активности студента на Платформе 2

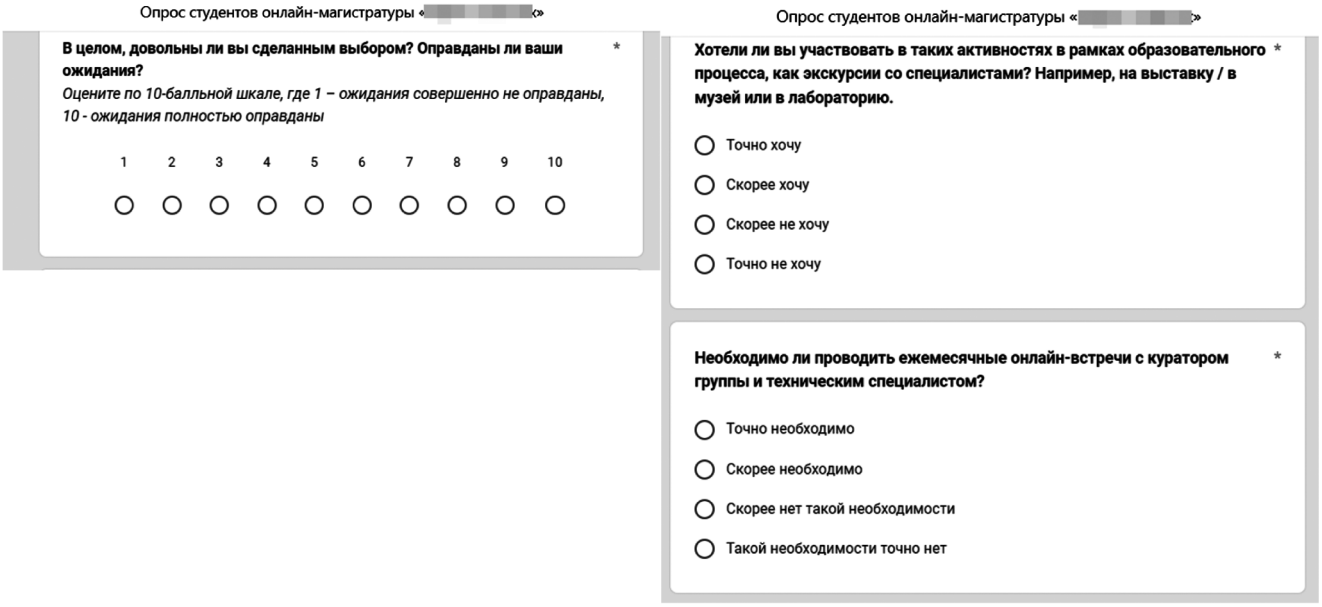


Рис. 4. Пример вопросов анкетирования студентов по результатам учебного семестра

Во-вторых, были собраны статистические данные, такие как количество поступивших на программу и количество окончивших программу; количество положительных оценок (4 и 5) по отношению к общему числу дошедших до финальной аттестации; средний балл успеваемости и пр.

Сначала были проанализированы данные, полученные по результатам классической учебной группы студентов, для выявления показателей метрик, которые будут приняты в качестве бенчмарки. Затем осуществлен сбор данных и на их основе расчет показателей метрик для двух групп, обучающихся онлайн на разных платформах, чтобы изучить непосредственное влияние на вовлеченность студентов.

Результаты и выводы

Эффективность более строгой академической атмосферы может быть определена по увеличению показателей сразу нескольких метрик (таблица 2). Данные студентов группы 2 показали, что после того, как на образовательной платформе были минимизированы элементы геймификации, на 31 % увеличился прогресс студентов (Retention rate / Progress rate) по сравнению с данными группы 1. При этом показатели RR в классической группе составляет 80%, что авторы связывают с большим количеством образовательных траекторий среди очных программ, куда студент может перейти при желании. В аналогичных онлайн-про-

№	Name	Status	Average score				
			1 semester	2nd semester	3rd semester	4th semester	Graduate
1		academic leave	4,5	4,33	1,75	-	-
2		academic leave	4,75	5	3,75	-	-
3		academic leave	4,5	4	3,25	-	-
4		academic leave	4,75	4	3,5	-	-
5		Graduate	4,25	4,83	5	5	4,73
6		academic leave	4,8	4,5	-	-	-
7		Graduate	5	4,83	4,75	5	4,93
8		Graduate	4,75	5	5	5	4,93
9		academic leave	5	5	4,5	5	-
10		Graduate	4,75	5	4,5	5	4,80
11		Graduate	5	5	5	5	5,00
12		Graduate	4,5	4,83	5	5	4,80
13		Graduate	5	5	5	5	5,00
14		Graduate	5	4,83	5	5	4,93
15		academic leave	5	4	-	-	-
16	personal data	Graduate	4,75	5	5	5	4,93
17		academic leave	4,75	5	4,75	5	-
18		academic leave	4,75	5	4,75	5	-
19		Graduate	4,75	5	5	5	4,93
20		Graduate	5	5	5	5	5,00
21		Graduate	4,75	5	4,75	5	4,87
22		Graduate	5	5	5	5	5,00
23		Graduate	5	4,83	4,75	5	4,93
24		academic leave	4,8	4,1	-	-	-
25		Graduate	4,5	5	5	5	4,87
26		Graduate	4	4,67	4,25	4,5	4,33
27		academic leave	4	-	-	-	-
28		academic leave	5	3,5	1	-	-
29		academic leave	4,8	4,8	-	-	-
30		academic leave	4,75	5	3,5	-	-
31		Expelled	5	5	5	-	-
32		academic leave	4,6	4	-	-	-
33		academic leave	4,5	-	-	-	-

Рис. 5. Пример статистических данных об успеваемости студентов

граммах этого же университета выбор меньше или же его вообще нет.

Таблица 2.

Показатели метрик по результатам сбора и анализа данных в трех учебных группах

Метрика	Group 1 2020–2022	Group 2 2021–2023	Benchmark group 2021–2023
Формат	онлайн платформа 1	онлайн платформа 2	очно
NPS	72%	60%	40%
RR	45%	76%	80%
COR	31%	71%	60%
SR	78%	86%	80%
AR	51%	73%	75%
Balance	Lections —19% Practice — 67%	Lections —19% Practice — 67%	Lections —19% Practice — 67%

В этой же группе 2 стимулирующее вмешательство в обучение студентов с помощью поддержки кураторов, которые реагировали на сигналы платформы о длительном отсутствии студента, увеличило соотношение поступивших на программу и количество окончивших программу (Completion rate) на 40 % по сравнению с группой 1. Показатель COR в классической группе равен 60 %. Авторы связывают это с тем, что учебная аналитика в классических группах собирается гораздо реже (как правило, в конце семестра, то есть — раз в несколько месяцев), чем при онлайн-обучении, использующем платформу, которая сигнализирует о красных флагах в обучении студента. Как следствие, для студентов группы 2 было больше возможностей скорректировать их прогресс и успеваемость.

Аналогичным образом, когда студенты группы 2 получали уведомления, побуждающие их вернуться к учебным материалам, и вовлекались в образовательный процесс, а также прилагали постоянные усилия, увеличилось и количество положительных оценок (4 и 5) — на 22 % по отношению к количеству положительных оценок в группе 1. Как следствие, на 8 % увеличился уровень удовлетворенности студентов (Satisfaction rate), так как студенты чувствовали, что приложенные усилия приносят результат. Такой показатель идентичен результатам SR в классической группе.

При этом индекс лояльности (Net Promoter Score) в группе 2 ниже на 12 %, чем в группе 1. Важно указать,

что сбор NPS был произведен в группах в первый год обучения, тогда как остальные данные были собраны и проанализированы в конце обучения. Также в связи с тем, что остальные метрики показывают рост показателей, авторы статьи считают, что NPS может быть признан вторичной (неключевой) метрикой исследования.

Ограничения и будущие исследования

Учебная аналитика обладает потенциалом для использования в различных контекстах, включая анализ и своевременное реагирование на уровень вовлеченности студентов. Существуют дополнительные возможности совершенствования и использования комбинации учебной аналитики со стимулирующим вмешательством в качестве инструмента повышения мотивации или изменения поведения студентов онлайн-программ.

Хотя управление обучением на основе данных все еще находится на начальных стадиях развития, существует большой потенциал для его применения. Одним из важных векторов развития является принятие стратегического подхода к систематическому и своевременному сбору образовательных данных, который учитывает, какие данные собирать, с какой частотой и в какие сроки.

Ограничением данного исследования было то, что данные собраны в одном университете. Хотя опыт и решения участников не могут полностью представлять все группы студентов, авторы обеспечили подробное описание исследовательской среды и методов. Данные были собраны в трех различных учебных группах, что может позволить университетам с аналогичным контекстом использовать рекомендации.

В будущих исследованиях можно рассмотреть возможность включения большего количества учебных групп в том же университете и сравнения данных из других университетов, где происходит формирование более строгой академической среды. Также, в будущих исследованиях могут проводиться глубинные интервью со студентами и преподавателями, чтобы изучить их восприятие и получить более содержательное понимание как положительных, так и отрицательных последствий данного подхода.

Заключение

При оценке воздействия более строгой академической среды с минимизацией геймификации, а также стимулирующего вмешательства в данной статье отражено, что есть разница между показателями метрик двух учебных групп, включенных в это исследование. Доказательства увеличения эффективности обучения были собраны из количественных и качественных данных. Обучение студентов на Платформе 2 показывает существенный рост ряда метрик, тогда как геймифицированная Платформа 1 больше настраивает студентов на развлечение, что напрямую влияет на ухудшение их успеваемости и доходимости до итоговой аттестации. Авторы статьи связывают это также со снижением субъектности студента, который снимает с себя ответственность за свой прогресс в обучении.

В качестве бенчмарки исследования взяты показатели классической учебной группы, студенты которой в процессе обучения находятся в социуме и могут ориентироваться на обратную связь и групповые показатели в режиме реального времени.

Очевидно, что в онлайн-программах вызовом является организация групповой работы (командного взаимодействия) студентов. Нахождение студента в очной группе напрямую влияет на результаты его обучения и повышает их.

К проблемным зонам организации командного взаимодействия можно отнести следующие:

- технические проблемы: разные устройства, наличие микрофона и камеры и пр.;
- разные временные зоны (разница свыше 3 часов является критичной);
- командные ожидания, в частности сложность распределения ролей;
- наличие места для обучения (комфортная зона, где никто не отвлекает).

При этом, отслеживание учебной аналитики для каждого студента может помочь не только адаптировать контент к уникальным потребностям каждого студента, а также повысить степень адаптации и интересов студента и обеспечить более продуктивное обучение.

Для более эффективного использования учебной аналитики необходимо добавить специальные метрики, такие как engagement rate (уровень вовлеченности студента) и well-being (уровень благополучия), так как ключевыми задачами вуза является не только формирование компетенций, заданных образовательными стандартами, но и воспитание личности. Указанные метрики относятся к умению преподавателей и администрации вуза прислушиваться к студентам и учитывать их потребности и взгляды. Оценка уровня вовлеченности студентов в учебный процесс поможет адаптировать подход к обучению и улучшить качество образования, а оценка уровня благополучия студентов может помочь в решении возникающих проблем и развитии предупредительных мер, способствующих сохранению здоровья и благополучия студентов вуза. Таким образом, добавление указанных метрик может помочь сформировать более личностно-ориентированное обучение в вузах.

Хотя университеты предоставляют все больше возможностей для онлайн-форматов, при этом до сих пор не могут обеспечить эффективное управление обучением, что приводит к частичному или полному срыву достижений желаемых результатов. Удержание студентов на онлайн-программах остается на более низком уровне, чем на очных программах, что может быть обусловлено сложностью в организации командного взаимодействия. Это исследование показало, что стратегия формирования более академически строгой среды и стимулирующего коммуникативного вмешательства, привела к увеличению показателей ключевых метрик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Asiah, M., Nik Zulkarnaen, K., Safaai, D., Nik Nurul Hafzan, M.Y., Mohd Saberi, M., & Siti Syuhaida, S. (2019). A Review on Predictive Modeling Technique for Student Academic Performance Monitoring. MATEC Web of Conferences, 255, 03004. https://doi.org/10.1051/matecconf/201925503004
2. Bayazit, A., Apaydin, N., & Gönüllü, İ. (2022). Predicting At-Risk Students in an Online Flipped Anatomy Course Using Learning Analytics. Education Sciences, 12(9), 581. https://doi.org/10.3390/educsci12090581
3. Brown, A., Basson, M., Axelsen, M., Redmond, P., & Lawrence, J. (2023). Empirical Evidence to Support a Nudge Intervention for Increasing Online Engagement in Higher Education. Education Sciences, 13(2), 145. https://doi.org/10.3390/educsci13020145
4. Cano, A., & Leonard, J.D. (2019). Interpretable Multiview Early Warning System Adapted to Underrepresented Student Populations. IEEE Transactions on Learning Technologies, 12(2), 198–211. https://doi.org/10.1109/tlt.2019.2911079
5. Certificate for the Computer Program No. 2020612000, Russian Federation. Video data preprocessing program New Vision-Video preprocessing 1.0: № 2020610996: applied 02/03/2020: publ. 02/13/2020 / Z.I. Sichinava, O.Yu. Zarechnaya, P.V. Molyanov, V.A. Nikolaev; applicant New Vision-Video-Emotions Limited Liability Company. — EDN PZHPEJ
6. Fan, S., Chen, L., Nair, M. S., Garg, S., Yeom, S., Kregor, G., Yang, Y., & Wang, Y. (2021). Revealing Impact Factors on Student Engagement: Learning Analytics Adoption in Online and Blended Courses in Higher Education. Education Sciences, 11(10), 608. https://doi.org/10.3390/educsci11100608
7. Florida International University increases graduation rates with Tableau. (2021). https://www.tableau.com. Retrieved December 16, 2022, from https://www.tableau.com/solutions/customer/florida-international-uni-versity-increases-graduation-rates-with-tableau
8. Hernández-García, N., Acquila-Natale, E., Chaparro-Peláez, J., & Conde, M. (2018). Predicting teamwork group assessment using log data-based learning analytics. Computers in Human Behavior, 89, 373–384. https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.07.016
9. Improving Student Success With a Unified Approach to Data Analytics and AI — Databricks. (2020, December 16). Databricks. https://www.databricks.com/p/webinar/improving-student-success-with-a-unified-approach-to-data-analytics-and-ai
10. Intelligent Speech Analysis Service. (n.d.). ttps://rnd.2035.university/page31071673.html
11. Kolesnikova, K. The neurointerface will help students learn better. Rossiyskaya Gazeta. https://rg.ru/2021/03/07/nejrointerfejs-pomozhet-shkolnikam-luchshe-uchitsia.html
12. Li, C., Herbert, N., Yeom, S., & Montgomery, J. (2022). Retention Factors in STEM Education Identified Using Learning Analytics: A Systematic Review. Education Sciences, 12(11), 781. https://doi.org/10.3390/educsci12110781
13. Napier, A., Huttner-Loan, E., & Reich, J. (2020). Evaluando la Transferencia del Aprendizaje de MOOCs al Centro de Trabajo: Un Estudio de Caso en Educación para el Profesorado y Lanzando Innovación en Colegios. RIED: Revista Iberoamericana De Educación a Distancia, 23(2), 45. https://doi.org/10.5944/ried.23.2.26377
14. Rivadeneira, J., & Inga, E. (2023). Interactive Peer Instruction Method Applied to Classroom Environments Considering a Learning Engineering Approach to Innovate the Teaching–Learning Process. Education Sciences, 13(3), 301. https://doi.org/10.3390/educsci13030301
15. Samani, C., Atif, A., & Musial-Gabrys, K. (2022). Using Emotional Learning Analytics to Improve Students' Engagement in Online Learning. ASCILITE Publications, e22129. https://doi.org/10.14742/apubs.2022.129
16. The neural network was taught to determine the emotions of schoolchildren through cameras for the Unified State Exam. It's true? And why? — The latest news of Perm and the region | Properm.ru. (2023). properm.ru. https://properm.ru/news/society/166674/
17. Ufa State Petroleum Technical University. (2021). Annual report on the results of the implementation of the University development program within the framework of the implementation of the strategic academic leadership program «Priority 2030» in 2021. https://rusoil.net/. Retrieved March 9, 2023, from https://rusoil.net/ru/priority2030/
18. What Our Eye Movements Can Tell Us — And How It's Changing The World. (n.d.). https://news.itmo.ru/en/features/5_things/news/9680/

© Волков Александр Александрович (volkov@edu.misis.ru); Отбеткина Татьяна Алексеевна (otbetkina.ta@misis.ru);
Видманова Анна Николаевна (vidmanova.a@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.13

МЕТОД ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ERT-BILSTM-ATTENTION ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ОТНОШЕНИЯ АВТОРА К ТЕКСТУ

BERT-BILSTM-ATTENTION NEURAL NETWORKS APPLICATION METHOD TO DETERMINE THE AUTHOR'S EMOTIONAL ATTITUDE TO THE TEXT

S. Yin
G. Afanasyev
A. Kalistratov

Summary: In this paper, a text sentiment analysis method based on the BERT-BiLSTM-Attention model is proposed. During preparation, the text is encoded using the BERT model to obtain a semantic representation of the text. Then, the encoded text is uploaded into the BiLSTM model to obtain deeper semantic information. Finally, the output of the BiLSTM model is weighted and averaged by the Attention mechanism to obtain the final sentiment analysis results. Experimenting on the IMDB dataset, the model proposed in this paper achieved an accuracy rate of 90%, providing better performance than other deep learning-based sentiment analysis methods.

Keywords: sentiment analysis, BERT-BiLSTM-Attention, Attention mechanism, deep learning, neural networks.

Инь Суузюнь
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
1535861547@qq.com
Афанасьев Геннадий Иванович
К.т.н., доцент, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
gaipcs@bmstu.ru
Калистратов Алексей Павлович
Ассистент, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
akalistratov@gmail.com

Аннотация. В данной работе предлагается метод анализа текста на предмет его тональности, основанный на модели глубокого обучения нейронных сетей BERT-BiLSTM-Attention. Сначала текст кодируется с помощью модели BERT для получения его семантического представления. Затем закодированный текст поступает в модель BiLSTM для обработки этого представления в виде вектора. После этого выход модели BiLSTM взвешивается и усредняется алгоритмом Attention для получения окончательных результатов анализа настроения. Экспериментируя на наборе данных IMDB, модель, предложенная в данной работе, достигла точности 90 %, обеспечив лучшую производительность по сравнению с другими методами текстового анализа на основе глубокого обучения.

Ключевые слова: анализ тональности текста; BERT-BiLSTM-Attention; механизм Attention, глубокое обучение, нейронные сети.

Введение

Анализ тональности текста — важная задача в направлении обработки естественного языка, также известная как распознавание настроений, поиск настроений и т.д. Суть задачи — это автоматический анализ и распознавание человеческих эмоций, выраженных в тексте, речи и т.д. Потребность в анализе настроений варьируется от частных лиц до крупных организаций и правительств. Отдельный клиент сначала проверяет рейтинги продукта и мнения других покупателей, прежде чем принять решение о покупке, а бизнес-организации используют инструменты анализа настроений, чтобы понять чувства клиентов. Было предпринято несколько попыток применить анализ настроений к отзывам клиентов. Таким образом, было доказано, что анализ отзывов клиентов способствует развитию соответствующего рынка и повышению доверия клиентов. Кроме того, правительства анализируют чувства общественности по поводу таких актуальных тем, как выборы и их политика. Недавним примером является предсказание президентских выборов в США в 2016 году. Кроме того, анализ настроений может быть использован для расширения возможностей рекомендательных систем, где можно идентифицировать интересы пользователей. Анализ тональности используется в различных веб-приложениях, например, для анализа мнений в социальных сетях, анализа отзывов о товарах, для мониторинга брендов и так далее [1–7].

Модель BERT-BiLSTM-Attention — это модель глубокого обучения для задач классификации текстов, особенно анализа настроений. Она объединяет модель предварительного обучения BERT, двунаправленную модель LSTM и механизм внимания для улучшения производительности и обобщения модели [8].

Эта модель хорошо справляется с задачами анализа настроений, особенно при работе с длинными текстами, например может лучше аналогов передавать контекст-

ную и семантическую информацию текста [9]. Однако, данная модель для работы требует больших вычислительных затрат, поскольку для ее обучения требуется много времени и большие вычислительные ресурсы. Кроме того, для обучения модели требуется большой объем размеченных данных, иначе она может не достичь оптимальной производительности [10].

Описание модели

BERT использует для кодирования текста двунаправленную структуру, т.к., такая структура кодирования демонстрирует способность модели описывать определенную семантику других слов в контексте через семантические отношения контекста при обработке конкретного слова [11].

Промышленное и академическое сообщество обратило внимание на анализ настроений, чтобы помочь в принятии решений. Следовательно, исследователи предложили большое количество подходов для того, чтобы удовлетворить потребность в анализе настроений. Доказано, что предложенные традиционные подходы дают хорошие результаты при правильном проектировании функций. Таким образом, наиболее часто используемые функции этих подходов анализируются: части речи, позиция термина, слова-мнения и предложения, отрицание, присутствие и частотность термина и синтаксическая зависимость. Традиционные подходы к анализу настроений подразделяются на две категории: подходы, основанные на лексике, и подходы к машинному обучениюю. Подходы, основанные на лексиконе, являются разновидностями традиционных подходов к анализу настроений, которые используют предварительно скомпилированные словари настроений, содержащие разные слова и их полярность, для классификации данного слова по классам положительных или отрицательных настроений. В исследованиях приводится подробное описание этих подходов. В связи с популярностью лексиконов были проведены обширные исследования по анализу настроений на основе лексиконов. Эти подходы не требуют наличия обучающего набора данных. Однако построение словаря настроений для современных пользовательских неструктурированных данных является сложной задачей. Следовательно, подходы к машинному обучению помогают облегчить проблему. Подходы к машинному обучению — это другие традиционные методы анализа настроений, которые основаны на алгоритмах машинного обучения для классификации слов по соответствующим им меткам настроений. Основным преимуществом подходов к машинному обучению является их способность к обучению представлениям. Алгоритмам машинного обучения требуется обучающий набор данных, который помогает автоматизировать классификатор, и тестовый набор данных, используемый для проверки работоспособности классификатора. Таким образом, подходы машинного обучения являются предпочтительными для анализа настроений из-за их способности обрабатывать большие объемы данных по сравнению с подходами, основанными на лексике. Однако в случае отсутствия наборов данных, аннотированных человеком, большинство людей предпочитают использовать подходы, основанные на лексике. Таким образом, обширные исследования было сделано для анализа настроений с использованием подходов машинного обучения. Что касается хороших результатов анализа настроений, то два традиционных подхода к анализу настроений могут быть объединены, чтобы получить преимущества каждого подхода. Таким образом, недавние достижения являются результатами сочетания двух традиционных подходов.

В данной работе мы изучаем то, что текст преобразуется BERT в числовую матрицу, где каждый столбец представляет идентифицированный признак, а каждая строка — конкретный комментарий. Эта матрица используется в качестве входных данных для BERT, модель обучается с помощью двух стратегий обучения: MLM и предсказание следующего предложения. Модель BERT показана на рисунке 1 [12].

После завершения обучения эти данные передаются в модель BiLSTM. Двунаправленная нейронная сеть с долговременной памятью (BiLSTM) — это двойная модель, которая объединяет прямую LSTM и обратную LSTM для лучшей обработки двунаправленных семантических признаков. Таким образом, модель BiLSTM состоит из двух инвертированных компонентных моделей LSTM, с выходом из двух совместных состояний принятия решений [13]. Схема работы этоймодели представлена на рисунке 2.

ОбновлениеLSTMможноописатьследующимобразом:

$$h_t^1 = H\left(W_{xh_t^1}x_t + W_{h^1h^1}h_{t-1}^1 + b_{h^1}\right) \quad (1)$$

Формулу обновления LSTM можно описать следующим образом:

$$h_t^2 = H\left(W_x h_t^1 x_t + W_{h^1h^2 h_{t-1}^2} + b_t^2\right) \quad (2)$$

Выходной слой LSTM можно описать следующим образом:

$$y_t = W_{h^1y}h_t^1 + W_{h^2y}h_t^1 + b_y \quad (3)$$

В анализе тональности внедрение механизма Attention может лучше сработать, если стоит задача изучить «межсловные» зависимости и усилить фокус на ключевых словах — в зависимости от порядка, важность слов в тексте меняется, т.е., и веса признаков различаются [14–16]. Наконец, вектор признаков *h* по-

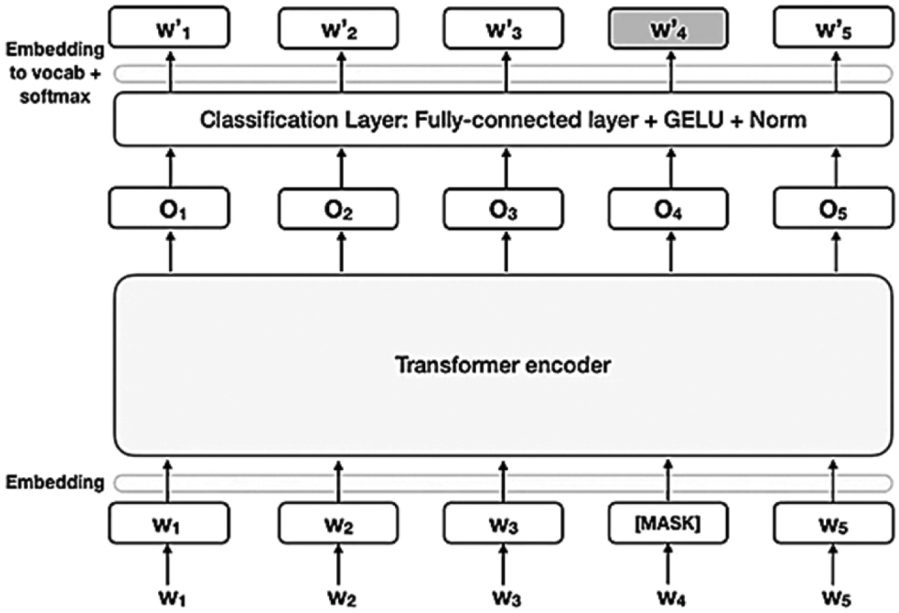


Рис. 1. Структура модели BERT

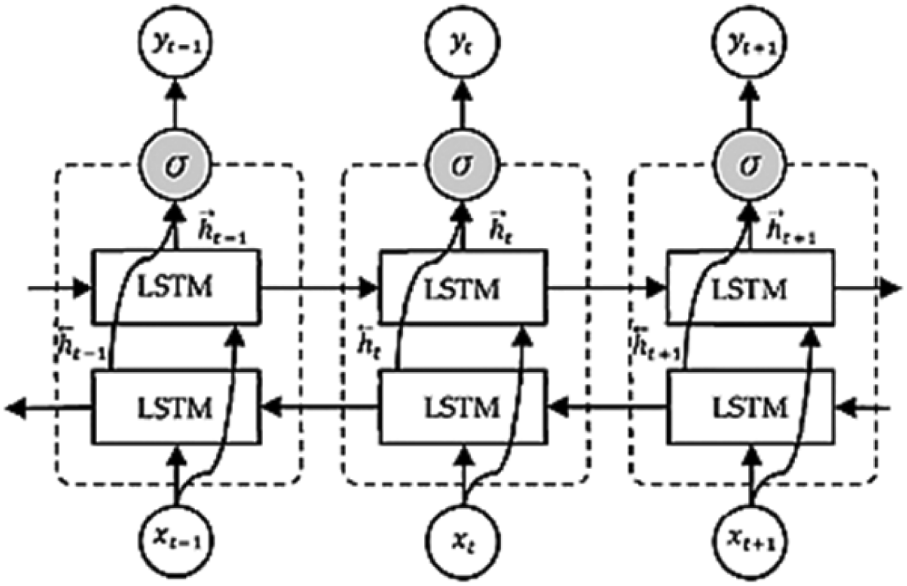


Рис. 2. Структура модели BiLSTM

ступает на плотный слой модели, где его размерность уменьшается по формуле 2. Предсказание тональности определяется по формуле 1, где *W* и *b* обозначают вектор параметров и смещение, соответственно.

Проведение эксперимента

Выбранная модель BERT-BiLSTM-Attention используется для анализа тональности текстов длиннее 140 символов, при этом в качестве обучающих и тестовых данных используются тексты из базы соревнований Kaggle. Все наборы данных были разделены на обучающий набор, проверочный набор и тестовый набор, с пропорцией 80 %, 10 % и 10 % от общего набора данных соответственно.

В модели были внесены предварительные настройки, основанные на опыте других исследователей [8, 9]. Например, для настройки BERT и других «обычных» моделей был применен оптимизатор Adam с K = 0.00002, N_party = 32, N_training = 3.

После модели были обучены и проверялись на трех наборах данных: рецензии на фильмы, рецензии на рестораны, описание фильмов с IMDB. Результаты экспериментов и сравнение точности модели с добавлением Attention приведены в таблице 1. Сравнение производилось с известными по другим статьям моделям BERT, BiLSTM и BERT-BiLSTM.

Таблица 1.

Сравнение точности моделей

Модели	Фильмы	Рестораны	IMDB
BERT	0.859	0.776	0.831
BiLSTM	0.825	0.720	0.828
BERT-BiLSTM	0.870	0.781	0.896
BERT-BiLSTM-Attention	0.890	0.812	0.903

После экспериментов можно сделать следующие выводы:

— Модель BERT относительно плохо работает на двух других наборах данных.
— Модель BiLSTM плохо работает на всех наборах данных.
— Модель BERT-BiLSTM работает лучше двух предыдущих на всех наборах данных.

В итоге, модель BERT-BiLSTM-Attention показала лучшие результаты на всех наборах данных, что говорит о целесообразности усиления двух моделей за счет третьей для задачи распознавания тональности текстов длиннее 140 символов.

Заключение

В данной работе была рассмотрена многосоставная модель на основе нескольких уже проверенных различными исследователями моделей глубокого обучения. Был найден способ повышения точности, который показал хоть и небольшой, но выигрыш относительно других методов. В последние годы было предложено несколько подходов к анализу настроений, которые были впервые внедрены в Китае и других странах. Эти традиционные подходы позволили достичь хороших результатов, но разработка функций, на которые они опираются, является утомительной задачей. Позже исследователи поняли, что поиск настроений для современных пользовательских данных требует глубокого понимания, и для того, чтобы справиться с этим, необходимы эффективные методы. Таким образом, подходы к глубокому обучению эволюционировали как эффективные методы благодаря их способности изучать текст без ручной разработки функций. Доказано, что подходы глубокого обучения превосходят традиционные методы анализа настроений. Таким образом, мы рассматриваем последние модели глубокого обучения, которые были предложены для различных задач анализа настроений. В будущем авторы планируют провести еще несколько экспериментов для подтверждения этого вывода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев Г.И., Афанасьев А.Г., Бурмистрова М.В. Тэт В.Я.С. Исследование методов машинного обучения для прогнозирования эффективных бизнес-решений в системах электронной коммерции // E-Scio. 2022. № 11 (74). С. 59–72.
2. Афанасьев Г.И., Афанасьев А.Г., Зо Х.А. Анализ возможностей применения компьютерного зрения в рекомендательных интернет-системах// E-Scio. 2022. № 11 (74). С. 73–82.
3. Афанасьев Г.И., Гой А.В., Ковалева Н.А. Анализ и сравнение методов Process Mining // Аспирант и соискатель. 2020. № 1 (115). С. 195–199.
4. Ч. Чжан, Афанасьев Г.И. Основные технологии и перспективы эволюции персонализированных рекомендательных систем // E-SCIO. 2022. №4(67). С. 309–320.
5. Ч. Чжан, Афанасьев Г.И. Применение моделей глубокого обучения в области рекомендательных систем, основанных на содержании // Искусственный интеллект в автоматизированных системах управления и обработки данных. Сборник статей Всероссийской научной конференции. В 2-х томах. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2022. Т.1. С. 278–284.
6. Devlin, J., Chang, M.W., Lee, K., & Toutanova, K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. // aclanthology.org. https://aclanthology.org/N19-1423/. 2019. DOI:10.18653/v1/N19–1423.
7. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (). Long short-term memory. // Neural computation. 1997. 9(8). P.1735–1780.
8. Shaukat Z., Zulfiqar A.A., Xiao C., Azeem M., & Mahmood T. // Sentiment analysis on IMDB using lexicon and neural networks. // SN Applied Sciences, 2020. 2. P.1–10.
9. Lee, Lung-Hao, et al. «NCUEE at MEDIQA 2019: medical text inference using ensemble BERT-BiLSTM-Attention model». // Proceedings of the 18th BioNLP workshop and shared task. 2019. P.528–532.
10. Liu, B. Sentiment analysis and opinion mining. // Synthesis lectures on human language technologies. 2012. 5(1). P.1–167.
11. Maas, A.L., Daly, R.E., Pham, P.T., Huang, D., Ng, A.Y., & Potts, C. Learning word vectors for sentiment analysis. // In Proceedings of the 49th annual meeting of the association for computational linguistics: Human language technologies-volume 1. 2011. P.142–150.
12. Pennington, J., Socher, R., & Manning, C. D. Glove: Global vectors for word representation. // In Proceedings of the 2014 conference on empirical methods in natural language processing (EMNLP). 2014. P.1532–1543.
13. Zhang, X., Zhao, J., & LeCun, Y. Character-level convolutional networks for text classification.// In Advances in neural information processing systems. 2015. P. 649–657.
14. Zhou, P., Shi, W., Tian, J., Qi, Z., Li, B., Hao, H., & Xu, B. (2018). Attention-based bidirectional long short-term memory networks for relation classification. // In Proceedings of the 27th international conference on computational linguistics. 2018. P. 3249–3259.
15. Zhou, Y., Xu, C., & Huang, Y. End-to-end learning of semantic role labeling using recurrent neural networks. // In Proceedings of the 54th annual meeting of the association for computational linguistics. volume 1. 2018. P. 1127–1137.
16. Labeled Faces in the Wild // CS.UMASS.EDU. 9 January 2018. URL: http://vis-www.cs.umass.edu/lfw/ (date of access:20.03.2022).

© Инь Суузюнь (1535861547@qq.com); Афанасьев Геннадий Иванович (gaipcs@bmstu.ru);
Калистратов Алексей Павлович (akalistratov@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.15

БАЗОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОДНОРОДНЫХ СТРУКТУР

THE BASIC CONCEPT OF HOMOGENEOUS STRUCTURES

Z. Kardashova

Summary. Homogeneous structures have been discovered more than once and under various names — in electrical engineering they are known as iterative networks, in pure mathematics as a section of topological dynamics, in biology as cellular structures, etc.
This article raises an urgent problem in the field of ORS research. The study of homogeneous structures is considered as a relatively new and emerging interdisciplinary field of scientific thought, penetrating into almost all spheres of science and technology.
The paper discusses the basic concepts of the theory of homogeneous structures (media), methods and examples of determining the relationships between elements of homogeneous structures using templates and neighborhood indexes.

Keywords: homogeneous environment, computing system, basic concept, neighborhood pattern, unit automaton, configuration.

Кардашова Земфира Рашидовна
Аспирант, Дагестанский государственный технический университет
zeminda@yandex.ru

Аннотация. Однородные структуры открывались не один раз и под различными названиями — в электротехнике они известны как итеративные сети, в чистой математике как раздел топологической динамики, в биологии как клеточные структуры и т.д.
В данной статье поднимается актуальная проблема в области исследования ОРС. Исследование однородных структур рассматривается как относительно новое и формирующееся междисциплинарное направление научной мысли, проникающее в, практически, все сферы науки и техники.
В работе рассмотрены базовые понятия теории однородных структур (сред), способы и примеры определения связей между элементами однородных структур с помощью шаблонов и индексов соседства.

Ключевые слова: однородная среда, вычислительная система, базовая концепция, шаблон соседства, единичный автомат, конфигурация.

Появление понятия об однородных структурах (ОС) связывают с именем Джона фон Неймана [1], когда С. Улама предложил получить реалистическую и хорошо формализуемую модель, необходимую ему для исследования проблемы роста кристаллов и других развивающихся по рекуррентным правилам дискретных систем. Сам фон Нейман ограничился применением однородных структур для биологического моделирования, а А. Черч применил их для моделирования бесконечных абстрактных автоматов и работ по математической логике.

Прообразом современных вычислительных ОС-моделей стали клеточные вычислительные пространства, предложенные Конрадом Цузе [2] в рамках соображений по структуре команд ЭВМ и параллельному программированию.

Таким образом, в течение 20-го века целые группы исследователей обращались к проблематике однородных структур в рамках, необходимых для их предметной области, зачастую даже не осознавая, что уже ведут разработку ранее использовавшихся в других областях методов. В связи с этим, получена разветвлённая классификация самих однородных структур, приведённая на рисунке 1, по методам исследования, областям их применения и особенностям свойств.

Обобщением этого междисциплинарного опыта стала современная теория однородных структур, основные понятия и методы исследований которой изложены ниже в данной работе.

Однородные структуры (ОС) — высоко формализованные модели неких абстрактных Вселенных, развивающихся по простым локальным и всюду одинаковым правилам взаимодействия составляющих их простых идентичных элементов. Однородные структуры, по сути, являются аналогом физического поля, особенно в контексте того, как оно определяется в квантовой механике, что навело, в своё время, Конрада Цузе на мысль, что вся Вселенная и есть однородная среда, состоящая из конечных автоматов. Поэтому, наоборот, к каждой однородной структуре применяется понятие Вселенной.

Развитие такой структуры / Вселенной происходит в дискретной временной шкале (t=0,1,2,...) согласно конечному набору инструкций изменения состояний её элементов в каждый t-момент времени как функция состояний самого элемента и конечного числа его ближайших соседей в предыдущий (t–1)-момент времени. [3]

Целочисленный параметр d называется размерностью однородной структуры и делит их классификацию на принципиально разные классы: одномерные структуры и структуры высших размерностей. Смысл этого параметра становится хорошо понятным, если обратиться к схеме, изображённой на рисунке 5.

Классическая d-мерная однородная структура определяется кортежем (упорядоченным набором) из четырёх компонент:

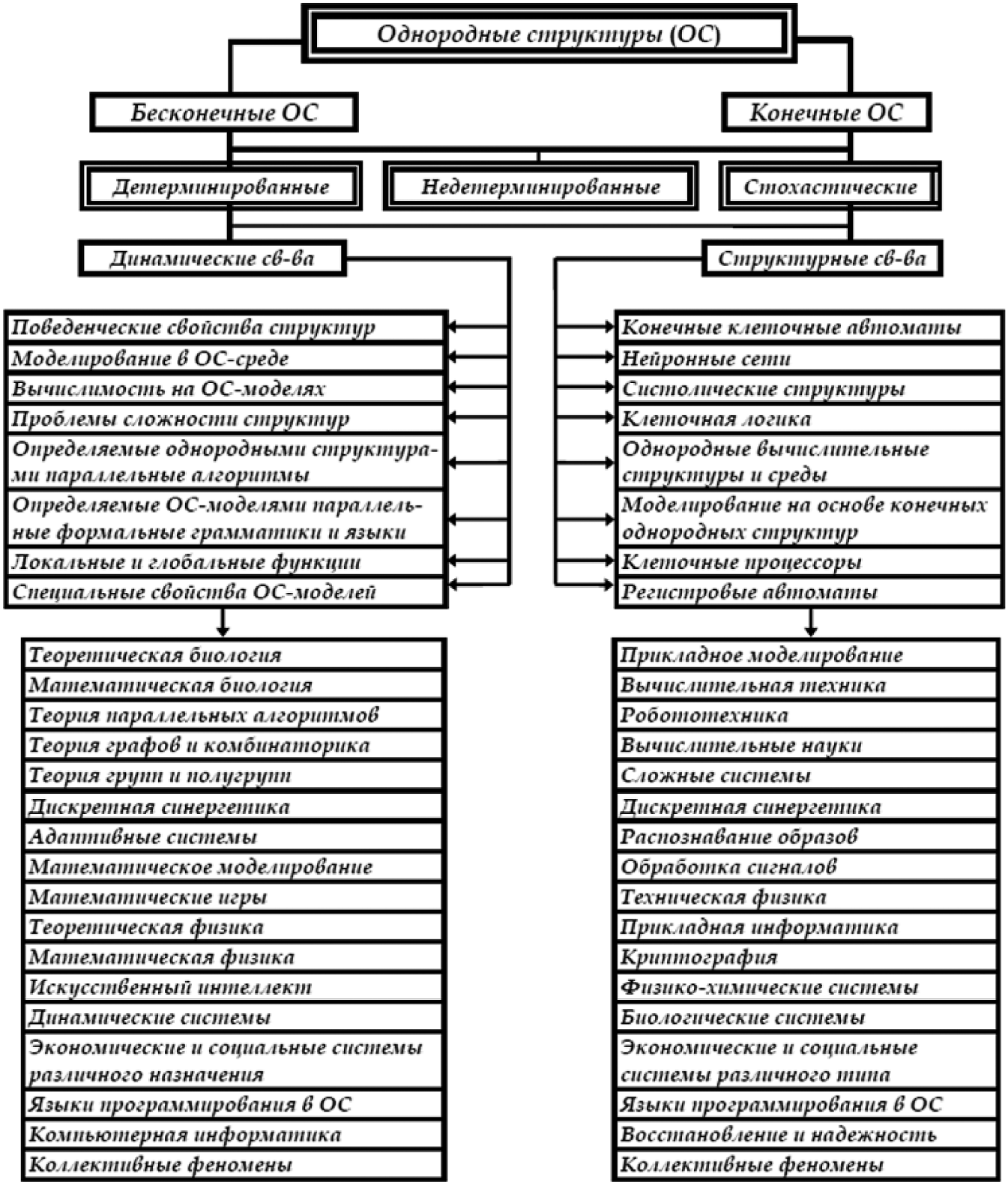


Рис. 1. Архитектура теории классических однородных структур и её приложений [3]

$$d\text{–ОС} = \langle Z^d, A, \tau^{(n)}, X \rangle \quad (1)$$

где $A = \{0,1,2,\ldots,a-1\}$ — алфавит внутренних состояний единичного автомата структуры, включающий состояние покоя «0» и ещё $a-1$ состояние;

Z^d — множество всех d-мерных кортежей — целочисленных координат точек в евклидовом E^d пространстве, определяющих пространственное положение единичных автоматов структуры;

X — шаблон соседства структуры представляет собой упорядоченный кортеж n элементов из Z^d (см. рисунок 3), который служит для определения автоматов-соседей любого единичного автомата структуры, т.е. тех её автоматов, с которыми данный единичный автомат непосредственно связан информационными каналами.

$\tau^{(n)}$ — глобальная функция перехода структуры, переводящая её текущую конфигурацию, определяемую состоянием всех входящих в неё автоматов, в последующую. По сути, любая однородная структура берёт одно слово (конфигурацию) с из словарного запаса *C*(*A*,*d*) и, посредством алгоритма, реализующего $\tau^{(n)}$, переводит его в другое слово (конфигурацию) $c\tau^{(n)}$, тоже входящее в данный словарный запас *C*(*A*,*d*). Таким образом, глобальная функция перехода должна быть определена на всём пространстве словарного запаса (пространства состояний) однородной структуры.

Приведённые тут компоненты, определяющие однородную структуру, будет удобнее пояснить на примере хорошо известных автоматов.

В качестве единичного автомата будем использовать хорошо известный конечный автомат Мура с алфавитом внутренних состояний *A*, выходной сигнал у которого в момент времени *t* однозначно определяется и ассоциируется с его внутренним состоянием S_t в этот момент времени, а само состояние S_t есть функция $F(x_1, ..., x_n, t-1)$ входных сигналов в предыдущий момент времени *t*–1.

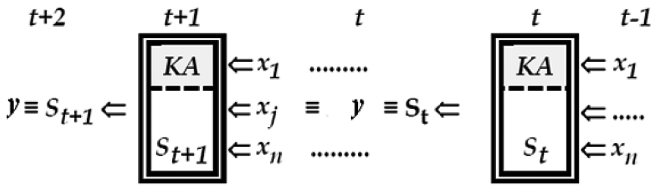


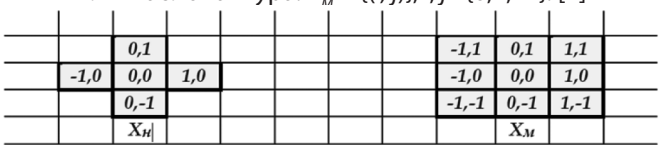
Рис. 2. Схема взаимодействия связанных автоматов Мура [3]

Сами входные x_j и выходные у сигналы, как состояния автоматов S_t выражаются символами алфавита *A*. (В простейшем случае это могут быть «0» и «1».)

В пространстве Z^2 (на плоскости) зададим однородную структуру размерности $d = 2$ с помощью одного из шаблонов соседства:

— шаблона Неймана: $X_N = \{(0, 0); (0, 1); (1, 0); (0, -1); (-1, 0)\}$; [1]

— или шаблона Мура: $X_M = \{(i, j)\}$, $i, j \in \{0,1,-1\}$. [2]



а) шаблон Неймана; б) шаблон Мура

Рис. 3 Шаблоны соседства для автоматов в двумерной однородной структуре [3]

Базовыми шаблонами для них являются более простые конструкции:

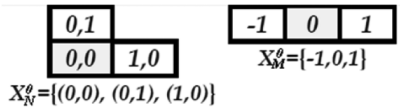


Рис. 4. Базовые шаблоны соседства по Нейману и Муру [3]

При увеличении размерности однородной структуры ($d = 3,4,\ldots$) шаблон принимает вид:

$$X=\{\underbrace{(0,0,\ldots,0)}_{d},\underbrace{(1,0,0,\ldots,0)}_{d},\underbrace{(0,1,0,\ldots,0)}_{d},\ldots,\underbrace{(0,0,\ldots,0,1)}_{d}\}$$
$$\underbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}_{d+1}$$

Рис. 5. Шаблоны соседства по Нейману для однородных сред высших размерностей [3]

Наличие в шаблоне соседства кортежа 0^d определяет положение и наличие центрального автомата всей однородной структуры, в связи с чем, можно выделить шаблоны связные и несвязные.

Связный шаблон характеризуется близостью топологических связей, как, например, у шаблонов на рисунке 3.

Несвязный шаблон этой чертой не обладает, вплоть до того, что некоторые элементы однородной структуры могут оказаться изолированными, как, например, у шаблона на рисунке 6.

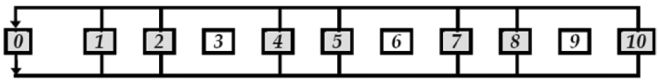


Рис. 6. Однородная структура с несвязным шаблоном соседства $X = \{0,1,2,4,5,7,8,10\}$ [3]

Рассмотренные выше шаблоны соседства *X*, а также введённые выше алфавит *A* и топологическое множество размещения автоматов Z^d, задают постоянные свойства однородной среды. В динамическом же смысле, однородная структура в момент времени *t* обладает конфигурацией $c \in C(A, d)$, которая представляет собой совокупность состояний всех единичных автоматов, входящих в данную однородную структуру. Множество конфигураций *C*(*A, d*) неоднородно и в процессе функционирования однородной среды может меняться по причине наличия состояния покоя у единичных автоматов.

Конфигурация называется конечной, если в данный момент времени *t* однородная среда, независимо от её размерности, содержит конечное число единичных автоматов в активном состоянии. Множество таких конфигураций обозначим как *C*(*A*,*d*,ø), а конфигурацию, принадлежащую этому множеству запишем через состояния автоматов $(c_1,\ldots,c_k) \in A$: $c = \infty c_1 c_2 c_3 \ldots c k \infty$.

Конфигурация называется бесконечной, если в данный момент времени *t* однородная среда, независимо

от её размерности, содержит бесконечное число единичных автоматов в активном состоянии. Множество таких конфигураций обозначим как $C(A,d,\infty)$, а конфигурацию, принадлежащую этому множеству запишем через состояния автоматов $(c_1,...,c_k) \in A$: $c = \infty c_1 c_2 c_3 \ldots ck\infty$.

Ни одна конфигурация однородной среды не может одновременно входить в эти два множества, то есть, принадлежит или только $C(A,d,\varnothing)$, или только $C(A,d,\infty)$. Очевидно, что при этом выполняется:

а) $C(A,d,\varnothing) \cup C(A,d,\infty) = C(A,d)$;

б) $C(A,d,\varnothing) \cap C(A,d,\infty) = \varnothing$,

где Ø — пустое множество.

Так же, наряду с конфигурацией всего размещения автоматов Z^d, вводится конфигурация $c_b \in C(A,d,B)$ конечного d-мерного гиперкуба или блока, входящего в пространство $b \subset Z^d$.

Для одномерных $d = 1$ конфигураций приняты обозначения:

$C(A)$ — множество всевозможных одномерных конфигураций;

$C(A,\varnothing)$ — множество конечных одномерных конфигураций;

$C(A,B)$ — множество блочных одномерных конфигураций;

$C(A,\infty)$ — множество бесконечных одномерных конфигураций.

Локальные и глобальные функции перехода

Состояние каждого единичного автомата в момент времени t, входящего в однородную структуру, определяется локальной функцией перехода $\sigma^{(n)}$.

Пусть в самом простейшем одномерном ($d = 1$) случае алфавит единичного автомата $A = \{0,1,2,3\}$, а шаблон соседства $X = \{0,1,2,3\}$ задаёт связи с четырьмя автоматами с идентичным алфавитом. Тогда функция перехода $\sigma^{(4)}(2,1,0,3) = 1$, при попадании на соответствующие входы автомата комбинации символов (2,1,0,3), в момент времени t, переведёт автомат в состояние «1», что отобразится символом «1» на его выходе в момент времени $t + 1$. Здесь стоит обратить внимание на рисунок 2, где представлена динамика переключений автомата Мура.

Локальная функция перехода $\sigma^{(n)}$ может быть задана как таблично, что довольно удобно для ограниченного набора правил формирования состояния и недлинного алфавита символов, так и формульно, что удобно при непрерывных вычислениях.

Если локальная функция перехода одного автомата определяется параллельной подстановкой вида

$$x_1 x_2 x_3 \ldots x_k \ldots x_n => xk^* = b$$

такой, что автомат переводится ей в состояние $xk^* = b$, а локальная функция перехода второго автомата определяется параллельной подстановкой вида

$$x_1 x_2 x_3 \ldots x_j \ldots x_n => x_j^* = b$$

где $k \neq j$, такой, что автомат переводится ей в состояние $x_j^* = b$, то две однородные структуры размерности $d = 1$, составленные из таких автоматов, называются эквивалентными. То же справедливо и для более высоких размерностей.

Если для данного шаблона соседства $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$ подставить известную локальную функцию перехода $\sigma^{(n)}$ во все входящие в данную структуру единичные автоматы, то получим глобальную функцию перехода $\tau^{(n)}$, переводящую состояние автомата $c \in C(A,d)$ в другое слово (конфигурацию) $c\tau^{(n)} \in C(A,d)$, тоже входящее в данный словарный запас (множество конфигураций) $C(A,d)$.

Пусть состояние единичного автомата с координатой $z \in Z^d$ обозначается как $s[z]$, тогда глобальная функция перехода формально может быть определена как:

$$c\tau^{(n)} = c^* \leftrightarrow (\forall z \in Z^d)(s^*[z] = \sigma^{(n)}(s[z+x_1], s[z+x_2], ..., s[z+x_n])) \quad (1)$$

Существующее однозначное соответствие между $\sigma(n)$ и $\tau^{(n)}$ принято называть (1–1)-соответствие.

Пусть в самом простейшем одномерном ($d = 1$) случае алфавит единичного автомата $A = \{0,1,2,3,4\}$, а шаблон соседства $X = \{0,1,2,3\}$ задаёт связи с четырьмя автоматами с идентичным алфавитом.

Локальную функцию перехода определим таблицей выражений:

$\sigma^{(4)}(2,1,0,3) = 2$,
$\sigma^{(4)}(1,1,0,1) = 4$,
$\sigma^{(4)}(1,0,1,0) = 3$,
$\sigma^{(4)}(0,1,0,2) = 2$,
$\sigma^{(4)}(0,2,3,2) = 1$,
$\sigma^{(4)}(2,3,2,2) = 3$,
$\sigma^{(4)}(3,2,2,1) = 2$,
$\sigma^{(4)}(2,2,1,3) = 2$,
$\sigma^{(4)}(2,1,3,3) = 4$…

Если читать верхнюю «ленту» рисунка слева направо по четыре символа со смещением на 1 символ вправо после каждого прочитанного слова, то легко заметить, что:

— при попадании на соответствующие входы 1-го автомата комбинации символов (1,1,0,1), в момент времени t, переведёт автомат в состояние «4», что отобразится символом «4» на его выходе в момент времени $t + 1$;

— при попадании на соответствующие входы 2-го автомата комбинации символов (1,0,1,0), в момент времени *t*, переведёт автомат в состояние «3», что отобразится символом «3» на его выходе в момент времени *t* + 1;
— при попадании на соответствующие входы 3-го автомата комбинации символов (0,1,0,2), в момент времени *t*, переведёт автомат в состояние «2», что отобразится символом «2» на его выходе в момент времени *t* + 1;
— при попадании на соответствующие входы 4-го автомата комбинации символов (1,0,2,3), в момент времени *t*, переведёт автомат в состояние «2», что отобразится символом «2» на его выходе в момент времени *t* + 1, и т.д.

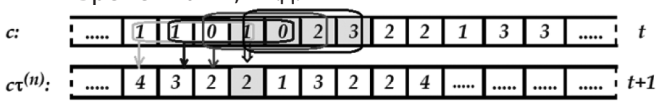


Рис. 7. Результат действия глобальной функции перехода [3]

ЛИТЕРАТУРА

1. Von Neumann J. Theory of Self-Reproducing Automata / Ed. A.W. Burks. — Urbana: University of Illinois Press, 1966, 324 p.
2. Zuse K. Rechnender Raum. — Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn, 1969, 115 p. [English translation: Calculating Space, MIT Technical Translation AZT-70-164-GEMIT, MIT (Proj. MAC), Cambridge, Mass. 02139, Feb. 1970].
3. Аладьев, В.З. Классические однородные структуры: Теория и приложения = Classical Cellular Automata: Theory and Applications: монография / В.З. Аладьев, В.К. Бойко, Е.А. Ровба. — Гродно : ГрГУ, 2008. — 486 с.
4. Параллельные системы обработки информации / Под ред. В.З. Аладьева.— Таллин: Республиканское изд-во Валгус, 1983, — 376 с.
5. Аладьев В.З. Однородные структуры: Теоретические и прикладные аспекты. — Киев: Республиканское изд-во Тэхника, 1990, — 272 с.

© Кардашова Земфира Рашидовна (zeminda@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.16

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МАСТЕР ДАННЫХ

RESEARCH ON DATA STORAGE METHODOLOGY FOR THE IMPLEMENTATION OF MASTER DATA SYSTEM

D. Lagerev
E. Koptenok
I. Fomin

Summary: The problem of handling large volumes of data, specifically master data, is a highly relevant task in the field of modern information technology. This paper presents a comparative analysis of data storage models with the aim of selecting the best model for its application in the architecture of a master data management software suite.

Keywords: master data, data storage model, Data Vault, Anchor model, Inmon, data warehouse.

Лагерев Дмитрий Григорьевич
кандидат технических наук, доцент,
Брянский государственный технический университет
lagerevdg@yandex.ru
Коптенок Елизавета Викторовна
старший преподаватель,
Брянский государственный технический университет
elizabeth-evans@yandex.ru
Фомин Илья Игоревич
Магистрант,
Брянский государственный технический университет
pat1_2010@mail.ru

Аннотация. Проблема представления больших объемов данных, в частности мастер-данных, является весьма актуальной задачей в области современных информационных технологий. В работе приводится сравнительный анализ моделей хранения данных с целью выбора наилучшей модели для ее применения в архитектуре программного комплекса управления мастер-данными.

Ключевые слова: мастер-данные, модель хранения данных, Data Vault, Anchor model, Inmon, хранилище данных.

Введение

В настоящее время в Российской Федерации сложилась ситуация, когда привычное программное обеспечение для управления мастер данными зарубежных вендоров не может быть использовано во многих российских компаниях по ряду причин, а пришедшее им на смену программное обеспечение с открытым исходным кодом, и приложения, построенные на основе такого ПО, не могут пока обеспечить привычного пользователю набора функций. Таким образом, весьма актуальным вопросом является разработка системы управления мастер-данными, поддерживающей СУБД с открытым исходным кодом и обеспечивающей привычный для пользователя набор функций.

Мастер-данные («основные данные» или «нормативно-справочная информация») — это совокупность основных данных, справочной информации, то есть значения, которые могут использоваться для указания, к чему какие данные относятся. Самый простой пример применения мастер-данных — разного рода справочники или классификаторы, применяемые в деятельности организаций. К ним относится информация о клиентах, товарах, услугах, сотрудниках, сделках и многое другое [3]. Задача управления мастер-данными, включающая сбор, хранение, изменение и валидацию данных, является очень важной. Также важную роль играет скорость операций с данными, безопасность и надежность представления данных, удобство выполнения действий для пользователя.

Анализ программного обеспечения по управлению мастер-данными

Для управления мастер-данными можно применять следующие инструменты: MDM-системы или системы управления базами данных (СУБД).

При применении СУБД к решению поставленной задачи возникает ряд сложностей, а именно:

- потребность в специфических знаниях и навыках при работе с сервером и хранилищем данных;
- высокая трудоемкость рутинных задач по организации целостности данных;
- сложность и трудоемкость обеспечения прав доступа и версионирования;
- риск нарушения ценности данных при их модификации.

Частично эти трудности решаются за счет применения MDM-систем. Однако, данные системы имеют ряд недостатков, представленных далее.

В работе рассмотрены следующие MDM-системы: Microsoft Master Data Services, Oracle Meter Data Management, LM Soft MDM.

Наиболее популярной MDM системой для Microsoft SQL Server является решение от Microsoft [5]. Данная система впервые появилась с релизом SQL Server 2008 R2. Microsoft Master Data Services предоставляет основной функционал для управления мастер-данными на платформе Microsoft SQL Server.

К ее достоинствам можно отнести:
— возможность объединения справочников в сложные иерархические каталоги;
— гибкие политики безопасности;
— поддержка доменных записей;
— гибкие настройки бизнес-правил;
— возможность версионирования.

Недостатками данной системы является следующее:
— отсутствие в реестре российского программного обеспечения;
— не является свободно распространяемым ПО;
— система ограничена поддерживаемой СУБД: Microsoft SQL Server;
— дорогостоящая лицензия на СУБД Microsoft SQL Server;
— web версия с устаревшим non-userfriendly интерфейсом.

Система управления мастер-данными Oracle Meter Data Management разработана компанией Oracle Corporation для совместного использования с Oracle Database [6]. Данная система обладает обширной функциональностью по управлению мастер-данными.

Можно выделить следующие достоинства системы:
— возможность объединения справочников в сложные иерархические каталоги;
— возможность хранения структурированных и неструктурированных данных одновременно;
— гибкие политики безопасности;
— поддержка доменных записей;
— возможность версионирования;
— обширные интеграционные механизмы с экосистемой Oracle: Oracle ETL, шина сообщений, XML сообщения в реальном времени;
— поддержка пакетной отправки данных;
— возможность гибкой настройки бизнес-правил.

Недостатки системы представлены ниже:
— система ограничена поддерживаемой СУБД: Oracle Database;
— отсутствие в реестре российского программного обеспечения, не является свободно распространяемым ПО.

LM Soft MDM [7] — российское решение по управлению мастер-данными, функционирующее на основе программного комплекса 1С:Предприятие [8].

К его достоинствам можно отнести:
— возможность разбиения справочников на классификационные группы;
— гибкие политики безопасности;
— поддержка правописания русского языка с исправлением опечаток;
— импорт данных из различных видов источников (СУБД, web-сервисы, файлы, электронные каталоги и т.п.);
— наличие в реестре российского программного обеспечения.

Можно привести следующие недостатки LM Soft MDM:
— система ограничена возможностями программного комплекса «1С: Предприятие», так как построена на его основе;
— отсутствие принципа золотой записи;
— отсутствие иерархичности справочников;
— отсутствие механизма поддержки доменных записей.

Таким образом, анализ программного обеспечения по управлению мастер-данными позволил выделить ряд недостатков у существующего программного обеспечения. Исходя из этого, следует необходимость разработки программного обеспечения для управления мастер-данными, представляющего собой автоматизированную систему по представлению разнородной бизнес-информации в едином структурированном виде.

Актуальность работы и постановка задачи исследования

Основное назначение систем управления мастер-данными — это хранение больших объемов информации, агрегированной из различных источников с сохранением структуры данных, с возможностью внесения последующих изменений. От используемой модели хранения данных зависит, на сколько быстро будут выполняться операции по изменению данных и их структуры, а следовательно, эффективность управления данными. Существует множество концепций хранения данных, имеющих ряд принципиальных различий, вследствие чего возникает проблема выбора оптимальной модели хранения данных для построения на ее основе системы управления мастер-данными. В данной работе производится анализ следующих моделей хранения данных: Data Vault [1], Anchor model [2] и Inmon [2].

Обзор моделей хранения данных

Модель данных пригодная для построения программного комплекса управления мастер данными должна поддерживать следующие функции: очистку, слияние, сопоставление, извлечение, преобразование,

удаление, добавление, а также поддержку историчности данных и их аналитику. Рассматриваемые модели обладают данными функциями, но их эффективность в выполнении данных операций различна.

Концепция **Inmon** [2] предполагает разработку хранилища «сверху вниз». Можно выделить следующие этапы.

1. Создание нормализованной модели данных.
2. Создание витрин размерных данных.
3. Создание исчерпывающей модели для каждой первичной сущности.
4. Построение физической модели, соответствующей нормализованной.

Можно выделить следующие особенности данной модели.

1. Низкая избыточность данных.
2. Подробное представление бизнес-объектов в рамках одной сущности.
3. Гибкость в обновлении хранилища.
4. Сложность модели растет пропорционально количеству сущностей.
5. Требуется дополнительная операция ETL при построении хранилищ.
6. Поддержка хронологии предполагает отсутствие удаления и изменения данных, а только добавление новых сведений.
7. Высокая интегрированность данных.

Концепция **Anchor model** [2] — это разновидность гибких методологий моделирования данных.

Методология Anchor Modeling предлагает свою собственную графическую нотацию для построения моделей. По внешнему виду она близка к ER-диаграмме. Можно выделить следующие элементы модели:

1. Якорь — набор уникальных бизнес-ключей.
2. Атрибут — дополнительные сведения о якорях.
3. Связи — отношения между якорями.

Модель имеет ряд особенностей.

1. Стремление к сильно нормализованной модели.
2. Обработка изменений в хранилище данных без отмены предыдущих действий.
3. Все изменения осуществляются за счет расширений, а не модификаций.
4. Модульность, которая позволяет декомпозировать модель данных на устойчивые и хорошо управляемые компоненты, развивающиеся итеративно.
5. Высокая скорость выполнения темпоральных запросов.

Методология **Data Vault** [1] предполагает объединение третьей нормальной формы представления данных и схемы представления данных «Звезда».

Основными элементами модели являются хаб, ссылка и сателлит.

Хаб — это представление сущности в модели. Ссылки — это таблицы, применяемые для связи хабов в отношении «многие-ко-многим». Сателлиты предназначены для хранения описательных атрибут сущностей и метаданных.

Особенности данной модели представлены далее.

1. Гибкость и расширяемость.
2. Поддержка гибких методологий разработки хранилищ данных.
3. Сложность применения методологии.
4. Избыточность данных.

Рассматриваемые методологии существенно отличаются друг от друга. Для того, чтобы сделать выбор в пользу одной из них для использования при управлении мастер-данными необходимо провести сравнительный анализ.

Сравнительный анализ методологий хранения данных

Для того, чтобы выбрать оптимальную модель для хранения мастер-данных, необходимо ввести ряд критериев для сравнения моделей. В качестве первого критерия выступает поддержка гибких методологий разработки хранилищ данных. Современный подход к разработке программного обеспечения очень часто использует Agile-технологии.

Однако, среди представленных моделей гибкий подход к разработке поддерживают только Data Vault и Anchor model.

Вторым критерием является адаптивность. Способность легко изменять данные и их структуру делает хранилище более гибким и удобным в применении. Данный параметр может быть оценен на основе объективных фактов о моделях. Пусть введен ряд критериев с соответствующими ему количественными значениями для последующей комплексной оценки.

0. Внесение изменений критично и ведет к разрушению модели.

1. Сложность адаптации. Требуется большое число дополнительных операций.

2. Высокая гибкость модели в силу ее расширяемости.

Тогда имеются следующие оценки моделей хранения данных: Inmon — 1, Anchor model — 1, Data Vault — 2.

Значимым критерием является производительность. Рассматриваются два типа операций: выборка данных и изменение данных. Для получение числовых характеристик выбрана предметная область «Медиатека», имеющая следующие сущности: «Исполнители» (приблизительно 70000 записей), «Альбомы» (240000 записей), «Треки» (2500000 записей), «Продюсеры» (1850 записей). Построены хранилища данных согласно каждой из указанных моделей, над каждой из которых многократно (1000 раз) выполнены одни и те же данные по извлечению данных (поиск всех альбомов артиста, поиск треков для указанного исполнителя, поиск исполнителей по продюсеру) и изменению данных (добавление новых записей и изменение текущей записи; стоит отметить, что для моделей Inmon и Anchor model изменение записи подразумевает добавление новой с учетом ее историчности). Рассчитано среднее время выполнения операций, результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Результаты вычисления производительности

Наименование модели хранения данных	Среднее время выполнения операций по выборке данных, секунды	Время выполнения операций по изменению данных, секунды
Inmon	0,29	0,24
Anchor model	0,21	0,31
Data Vault	0,14	0,19

Для получения количественного критерия сравнения введена обратная пропорциональная зависимость вида

{1/(время выполнения операции 1) + 1/(время выполнения операции 2)}. Для каждой модели хранения данных получены следующие значения:

Inmon — 14,37.
Anchor model — 15,36.
Data Vault — 37,59.

Стоит заметить, что модель Data Vault обладает наивысшей производительностью.

Таблица 2.

Сравнительный анализ моделей хранения данных

Наименование модели хранения данных	Поддержка гибких методологий разработки	Производительность	Адаптивность	Суммарно
Inmon	0	14,3	1	15,3
Anchor model	1	15,36	1	17,36
Data Vault	1	37,59	2	40,59

В табл 2. представлен результат сравнительного анализа методологий хранения данных. Очевидно, что по выделенным критериям Data Vault превосходит другие методологии более чем в два раза.

Заключение

Выбор методологии хранения данных является критично важным решением в архитектуре программного комплекса управления мастер-данными, поскольку от него зависит надежность и скорость работы программного комплекса. В результате проведенного сравнительного анализа моделей хранения данных выявлено, что наилучшим образом для решения поставленных задач подходит методология Data Vault, обладающая рядом преимуществ, таких, как адаптивность, поддержка гибких методологий разработки, простота управления данными и их структурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конаков Павел Олегович, Смоленцева Татьяна Евгеньевна Разработка архитектуры системы управления информационными ресурсами в рамках модели хранилища данных Data Vault 2.0 // Столыпинский вестник. 2022. №9.
2. Солянов Кирилл Сергеевич, Стацюк Любовь Владимировна Фреймворк проектирования логической модели хранилища данных // Инновации и инвестиции. 2020. №8.
3. Бубекова А.Г., Гантц И.С. Особенности управления мастер-данными в банковской сфере // МНИЖ. 2022. №5–1 (119).
4. Кузнецов С.В., Кознов Д.В. Управление мастер-данными в рамках итеративного подхода // Онтология проектирования. 2021. №2 (40).
5. Microsoft MDS [Электронный ресурс]. URL: https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=58203 (дата обращения: 15.05.2023).
6. Oracle Meter Data Management [Электронный ресурс]. URL: https://www.oracle.com/industries/utilities/products/meter-data-management/ (дата обращения: 15.05.2023).
7. LM Soft MDM [Электронный ресурс]. URL: https://lmsoft.ru/products/produkty-mdm/lm-soft-mdm/ (дата обращения: 15.05.2023).
8. Официальный сайт компании 1С [Электронный ресурс]. URL: https://1c.ru/ (дата обращения: 15.05.2023).

© Лагерев Дмитрий Григорьевич (lagerevdg@yandex.ru); Коптенок Елизавета Викторовна (elizabeth-evans@yandex.ru);
Фомин Илья Игоревич (pat1_2010@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.17

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ МЕТОДОВ ФУРЬЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ВЕЙВЛЕТ

Мухидинова Наргис Шухратовна
аспирант, Санкт-петербургский политехнический университет Петра Великого
nargismu@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию точности методов, характеризующих процессы ауторегуляции мозгового кровотока, для методической поддержки измерительных систем в области цифровой персонализированной медицины. Нарушение ауторегуляции мозгового кровотока (АРМК) является одним из ведущих звеньев в патогенезе расстройств церебральной гемодинамики. Разработка интелектуальной системы для диагностики данного защитного механизма мозга является актуальной задачей. Численный метод обработки сигналов системного артериального давления и скорости кровотока в средних мозговых артериях, характеризующих ауторегуляцию мозгового кровотока, позволяет определить характер нарушения процессов церебральной ауторегуляции. В работе анализировалась зависимость параметров анализируемых сигналов на точность оценки ауторегуляции посредством непрервыного вейвлет преобразования и Фурье преобразования.

Ключевые слова: анализ Фурье, вейвлет-анализ, мозговое кровообращение, волны Майера.

ANALYSIS OF THE ACCURACY OF THE FOURIER TRANSFORM AND WAVELET TRANSFORM

N. Mukhidinova

Summary: The article is devoted to the investigation of the accuracy of methods characterizing the processes of cerebral blood flow autoregulation for methodological support of measuring systems in the field of digital personalized medicine. Impaired autoregulation of cerebral blood flow (ARMC) is one of the leading links in the pathogenesis of cerebral hemodynamic disorders. The development of an intelligent system for diagnosing this protective mechanism of the brain is an urgent task. The numerical method of processing the signals of the system arterial pressure and blood flow velocity in the middle cerebral arteries, which characterize the autoregulation of cerebral blood flow, allows us to determine the nature of cerebral autoregulation disorders. We analyzed the dependence of the parameters of the analyzed signals on the accuracy of autoregulation estimation by means of continuous wavelet and Fourier transforms.

Keywords: Fourier analysis, wavelet analysis, cerebral circulation, Mayer waves.

Введение

Внедрение инновационных технологий, способствующих развитию здравоохранению, является одной из главных задач современного развитого общества. В рамках разработанной общей концепции и принципов построения киберфизических систем в медицинской отрасли как единой технологической платформы, интегрирующей новые технологии, основанной на накоплении данных, требуется создание новых методов обработки данных медицинских исследований и создание на их основе медицинских информационно-измерительных систем и технологий. Централизация оцифрованных данных, использование методов искусственного интеллекта и машинного обучения для извлечения важной диагностической и прогностической информации, организация дистанционного мониторинга здоровья и многие другие важные задачи стоят для достижения цифровизации медицины. Технология диагностики авторегуляции мозгового кровообращения является элементом технологической платформы цифровой медицины.

Одним из наиболее информативных показателей для оценки АРМК является сдвиг фаз между колебаниями САД и ЛСК в М-диапазоне волн 0.080–0.120 Гц. Сложность вычисления данного параметра состоит в том, что полезный сигнал, характеризующий ауторегуляцию, наблюдается в смеси с другими физиологическими сигналами. Для решения данной проблемы, было проведено исследование на основе данных, приближенных к параметрам медицинских сигналов ЛСК и АД при оценке АРМК.

Цель исследования — проанализировать точность оценки нарущения ауторегуляции посредством методов вейвлет анализа и Фурье преобразования.

Методы исследования

Для анализа влияния параметров анализируемых сигналов (ЛСК и АД) на оценку АРМК были выполнены эксперименты на основе смоделированных синусоид, переменных во времени с частотами 0.08 и 0.125 Гц, к которым были добавлены шумовые составляющие (белый гауссовский шум). Условия проведения экспериментов и параметры анализируемых сигналов приближены к медицинским сигналам.

Дискретизация сигналов осуществлялась с периодом 0,01 с, сдвиг фаз синусоид π/3 и π/2 на частотах 80 и 125 мГц соответственно. Длина сигналов 400 секунд выбиралась исходя из средней длительности данных

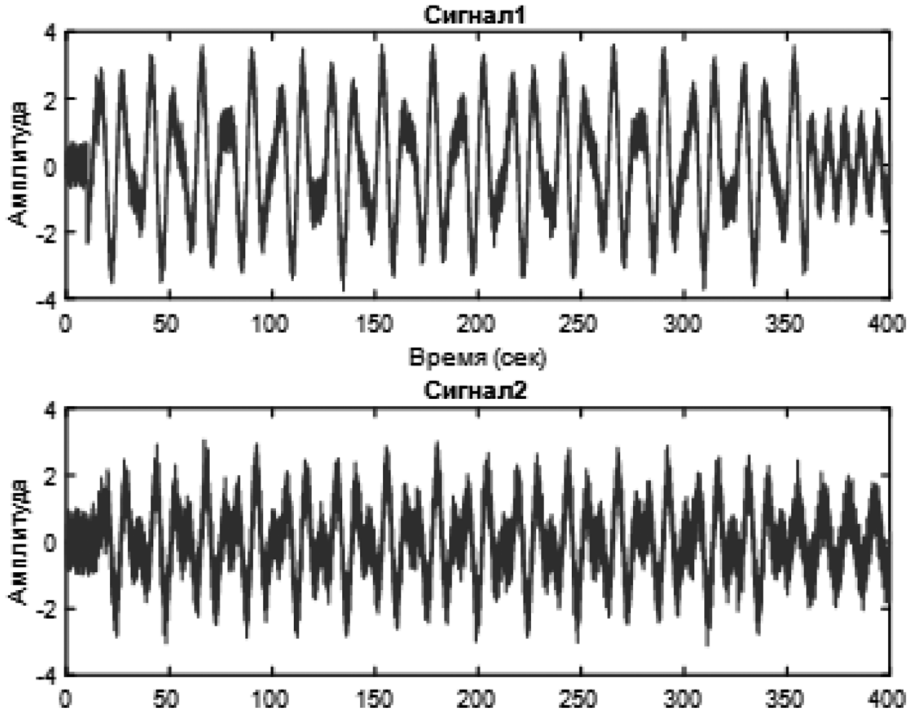


Рис. 1. Анализируемые сигналы

ЛСК и АД. Фазовые сдвиги в обоих методах находились при когерентности выше 0.7. Анализируемые сигналы представлены на рисунке 1.

Непрерывное вейвлет преобразование

Идея непрерывного вейвлет-преобразования (НВП) заключается в использовании вейвлета в качестве полосового фильтра. НВП сигнала $x(t)$ определяется как свертка с масштабированным и нормализованным вейвлетом.

$$\hat{X}(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}}\int_{-\infty}^{\infty} x(t)\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)dt; \qquad (1)$$

где $\psi(.)$ означает комплексное спряжение, $\frac{1}{\sqrt{a}}\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$ — нормализованная вейвлет-функция, параметр b которой соответствует временному сдвигу, а параметр $a>0$ задает масштабирование.

После замены интеграла суммой для дискретных расчетов $n = \frac{t}{\delta t}$, мы получаем соотношение для коэффициентов вейвлет-преобразования:

$$\hat{X}(s,n) = \sum_{n'=0}^{N-1} x(n)\psi\left(\frac{(n-n')\delta t}{s}\right) \qquad (2)$$

По теореме о свертке вейвлет-коэффициенты могут быть более эффективно вычислены в виде обратного преобразования Фурье от произведения Фурье-образов сигнала и вейвлет-коэффициентов в соответствии с формулой:

$$\hat{X}(s,n) = x(n) * \psi(n) = F^{-1}\left[F\left(x(n)\right)\cdot F\left(\psi(n,s)\right)\right]$$

где F — оператор дискретного преобразования Фурье, s — номер шкалы вейвлет — преобразования.

В качестве базиса рассмотрены неортогональные вейвлеты, которые эффективны для анализа временных рядов и апериодических сдвигов: комплексный вейвлет Морле, комплексный вейвлет Поула и вещественный вейвлет, представляющий разность Гауссианов (DOG) [16, 17]. Эти вейвлет-базисы хорошо локализованы как по частоте, так и по времени. Предварительные расчеты показали, что все вейвлет-базисы дают неплохие результаты, но несколько лучшие результаты получаются с использованием вейвлета Морле

Алгоритм для вычисления когерентности и фазового сдвига сигналов посредством НВП, которое применяется к двум дискретным центрированным сигналам $x_n = \xi_n - \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1}\xi_n$ и $y_n = \zeta_n - \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1}\zeta_n$, измеренным с использованием оптических датчиков. Вычисление применяется к фреймам данных длиной: $N = 2^{floor\left(\log_2(N')\right)+1}$, где N' — первоначальная длина фрейма анализируемых сигналов.

Для каждого фрейма сигналов x_n и y_n выполнено дискретное преобразование Фурье (ДПФ):

$$\hat{x}_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-i2\pi kn}, \hat{y}_k = \sum_{n=0}^{N-1} y_n e^{-i2\pi kn}$$

где $k = 0,1,2...N-1$ обозначает индекс частоты.

Параметры вейвлет-разложения, такие как минимальный масштаб s_0 максимальный уровень J разложения, конкретные уровни разложения $j = 0, 1, \ldots J$ и вектор масштабов s_j определяются по формулам:

$$s_0 = 2\delta t,$$

$$J = \delta j^{-1} \log_2\left(\frac{Nx\delta t}{s_0}\right),$$

$$s_j = s_0 2^{j\delta j}.$$

На каждой шкале выполняется нормализация вейвлет-коэффициентов по формуле:

$$\hat{\psi}(s\omega_k) = \sqrt{\frac{2\pi s}{\delta t}}\hat{\psi}_0(s\omega_k).$$

Поэлементное умножение Фурье-образа анализируемого сигнала и Фурье-образов вейвлетов на каждом уровне разложения и последующее обратное преобразование Фурье полученного произведения позволяет получить коэффициенты вейвлет-разложения сигналов x_n и y_n

$$c_x(n,s) = \sum_{n=0}^{N-1} \hat{x}_k \hat{\psi}(s\omega_k) e^{i\omega_k n\delta t},$$

$$c_y(n,s) = \sum_{n=0}^{N-1} \hat{y}_k \hat{\psi}(s\omega_k) e^{i\omega_k n\delta t}.$$

Когерентность или согласованность двух сигналов может быть определена как модуль нормализованного кросс-спектра. Когерентность определяет линейную связь между двумя сигналами. Величина когерентности варьируется от нуля до единицы. Квадрат нормированного значения когерентности определяется по формуле:

$$H^2_{x,y}(n,s) = \frac{\left|c_x(n,s)c_y(n,s)\right|^2}{\left|c_x(n,s)\right|^2\left|c_y(n,s)\right|^2}.$$

Фазовый сдвиг кросс-спектра вейвлета может быть получен по следующей формуле:

$$\theta_{x,y}(n,s) = \operatorname{arctg}\frac{\Im\left(c_{x,y}(n,s)\right)}{\Re\left(c_{x,y}(n,s)\right)}.$$

Кратковременное Фурье преобразование (КФП)

Традиционный анализ выполняют в частотной области на основе преобразования Фурье, при этом предполагается, что сигналы локально стационарны [18, 19]. При спектральных измерениях случайных сигналов основной целью является определение спектральной плотности мощности (СПМ). Прямой метод определения СПМ случайных последовательностей основан на вычислении квадрата модуля ДПФ отдельных участков последовательности данных с использованием соответствующего статистического усреднения. Этот метод получил название метода периодограмм [20].

Для нестационарных сигналов обычно применяют оконное преобразование Фурье. Размер окна выбран таким образом, чтобы получить достаточную точность разложения сигнала в области М — волн. Так как на анализируемые сигналы был наложен шум, было выполнено их сглаживание. Существуют несколько подходов к процедуре усреднения, но наиболее удачным из них считается метод периодограммы Уэлча, при котором используются оконные функции и перекрывающие сегменты.

Согласно данному методу, перед вычислением спектральные плотности сигналов вычислялись по следующему алгоритму. Из дискретной последовательности формируется несколько сегментов. Исходные сигналы разбиваются на N_{avg} перекрывающих сегментов с определённым сдвигом N_{shift}, каждый из сегментов содержит количество отсчётов $N_{overlap}$:

$$x^{(p)}(n) = \bar{x} + win(n, N_{overlap}) \cdot \left(\bar{x} - x\left(n + pN_{shift}\right)\right),$$
$$0 \le n \le N_{overlap} - 1, 0 \le p \le N_{avg} - 1$$

где $win(n, N_{overlap})$ — скользящее окно, $\bar{x}$— среднее значение последовательности $x(0)...x(N-1)$, $p = 0,1...P-1$, P — число сегментов.

Далее выбирается оконная функция и производятся вычисления по формулам:

$$\overline{P^{(p)}_{xx}} = \left|\Delta t \sum_{m=0}^{N_{overlap}-1} x^p(m) \cdot \exp\left(-2i\pi fm\Delta t\right)\right|^2 \frac{1}{U \cdot N_{overlap}\Delta t}$$

где U — энергия окна:

$$U = \Delta t \sum_{m=0}^{N_{overlap}-1} win^2\left(m, N_{overlap}\right)$$

И выполняется усреднение результатов, полученных для нескольких сегментов, с целью уменьшения дисперсии:

$$P_{win}(f) = \frac{1}{N_{avg}} \sum_{p=0}^{N_{avg}-1} \overline{P^{(p)}_{xx}(f)}$$

Величина перекрытия соседних сегментов выбиралась в зависимости от вида окна. Количество отсчётов для ДПФ подбиралось в зависимости от разрешения частоты. Соответственно анализу при оценки церебральной ауторегуляции были выбраны аналогичные параметры: размер скользящего окна, смещение подбиралось

в зависимости от типа окна, количество отсчетов в окне подбиралась в зависимости от интересующего диапазона частот 80–125 мГц.

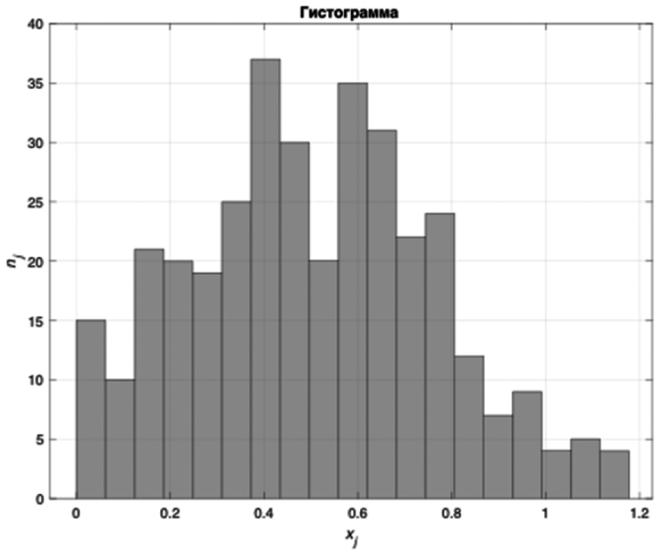
Результаты эксперимента

Для учёта случайной погрешности были проведены 350 испытаний. На изображении 2 представлена гистограммы ошибок проведённых испытаний. При использовании КФП фазовые сдвиги находились по максимальной когерентности (рис. 3). Были рассмотрены основные типы окон: прямоугольное, Хэмминга, Ханна, Гауссово. Фазовые сдвиги, вычисленные по максимальной когерентности посредством прямоугольного окна были наиболее близки к исходным значениям (2.a и 2.b).

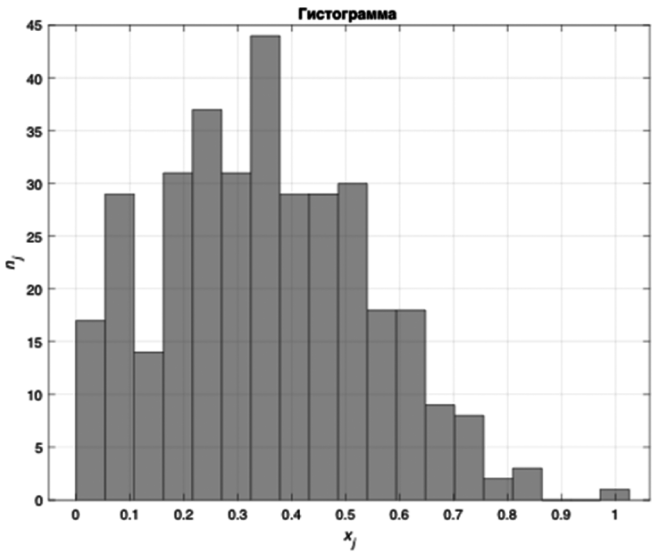
При анализе фазового сдвига посредством вейвлет преобразования учитывали границы конуса влияния при анализе относительной погрешности. Для уменьшения эффекта краевых границ рассматривались данные после 30 секунд (рис. 4). По представленным данным (рис. 2) видно, что погрешность фазовых сдвигов при НВП меньше, чем при КФП.

Так же было выявлено, что обнаружения начала и конца фазовых сдвигов посредством НВП более точное (рис. 5).

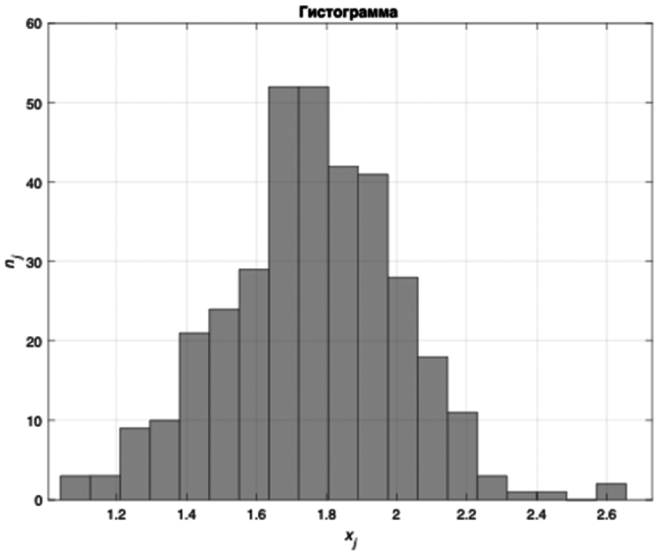
На рисунке 5 начало t_1 и конец t_2 фазового сдвига у исходного сигнала отмечены красными линиями на частоте 80 мГ $t_1 = 50$ сек., $t_2 = 185$ сек.; на частоте 125 мГц $t_1 = 200$ сек., $t_2 = 300$ сек.



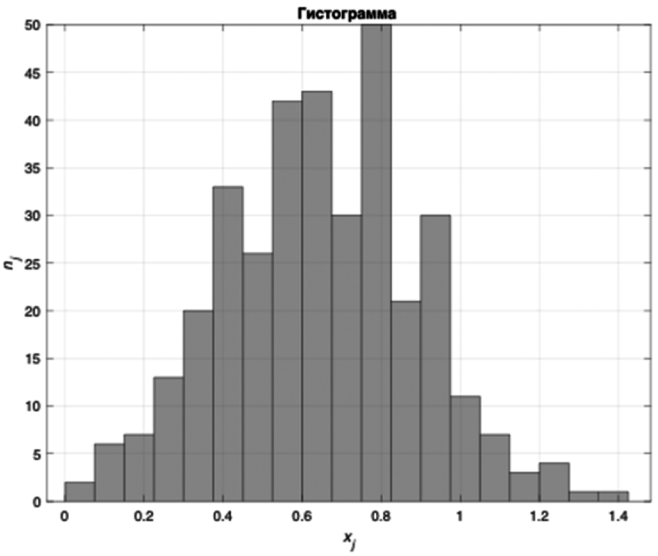
1. a



1. b



2. a



2. b

Рис. 2. Погрешность полученных данных

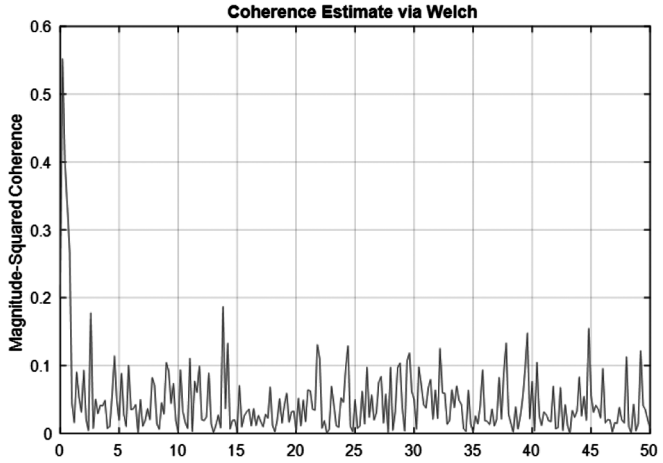


Рис. 3. Когерентность сигналов

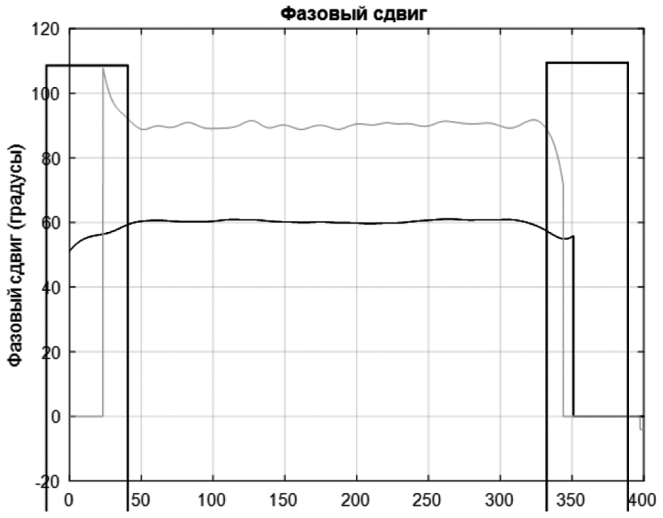


Рис. 4. Краевой эффект

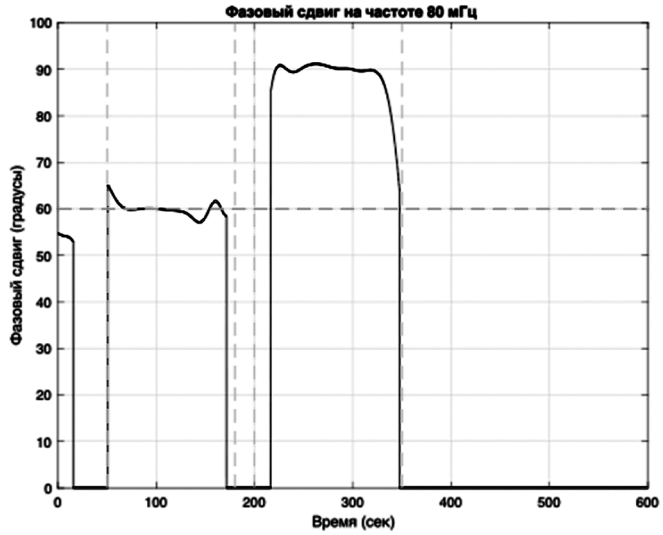


Рис. 5. Результат обработки сигналов посредством НВП

Таблица 1.

Результаты фазовых сдвигов в зависимости от длины сигнала

Длина сигнала (сек)	НВП		КФП	
	Фазовый сдвиг			
	80 мГц	125 мГц	80 мГц	125 мГц
10	69	102	66	81
20	63,06	90,1	59,29	89,85
30	61,21	91,81	61,87	82,88
40	61,18	89,39	63,17	82,68
50	60,11	91,47	58,74	87,11
70	60,55	89,91	59,98	86,13
100	60,77	89,36	59,58	88,37
150	61,52	87,76	59,80	87,00
200	61,93	90,39	59,58	87,17

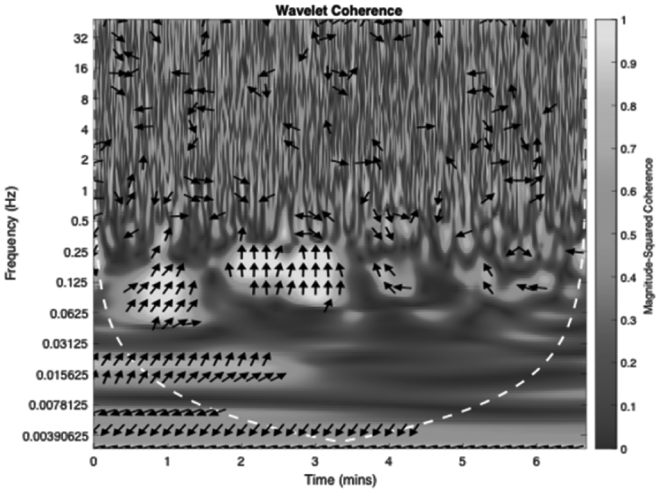


Рис. 6. Вейвлет преобразование

Также было проведено исследование зависимости точности нахождения фазовых сдвигов от длины сигнала посредством данных методов. Длина одного из сигналов всегда была 300 секунд, второго (смещенного по фазе) — переменная. Было обнаружено, что при перекрытии сигналов на частоте 125 мГц 90 секунд, на частоте 80 мГц 50 секунд Фурье преобразование не находит искомые фазовые сдвиги в отличие от вейвлет преобразования (рис. 6). Средние ошибки обнаружения фазового сдвига при вейвлет преобразовании 2.6 % и 0.2 % на частотах 125 и 80 мГц соответственно (средние фазовые сдвиги 87,62 и 60,1). При длительности сигнала более 200 секунд Фурье преобразование обнаруживает искомые фазовые сдвиги с наименьшей точностью. При длине сигнала менее 50 секунд когерентность анализируемых сигналов менее 0.7 (примерно 0.34).

Заключение

Полученные результаты экспериментов доказывают, что погрешность обнаружения фазовых сдвигов намного меньше при вейвлет преобразовании в сравнении с Фурье преобразованием. Обнаружение начала и конца фазовых сдвигов посредством вейвлет анализа также является более точным, что свидетельствуют представленные данные. Данный метод даёт большее разрешение в частотной области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко — Спб.: Питер, 2003. — 604 с.
2. Aaslid, R., Lindegaard, K.F., Sorteberg, W., Nornes, H.: Cerebral autoregulation dynamics in humans. Stroke. 20, (1989). https://doi.org/10.1161/01.STR.20.1.45.
3. Zhang, R., Zuckerman, J.H., Giller, C.A., Levine, B.D.: Transfer function analysis of dynamic cerebral autoregulation in humans. Am. J. Physiol. — Hear. Circ. Physiol. 274, (1998). https://doi.org/10.1152/ajpheart.1998.274.1.h233.
4. Semenyutin, V.B., Asaturyan, G.A., Nikiforova, A.A., Aliev, V.A., Panuntsev, G.K., Iblyaminov, V.B., Savello, A. V., Patzak, A.: Predictive value of dynamic cerebral autoregulation assessment in surgical management of patients with high-grade carotid artery stenosis. Front. Physiol. 8, (2017). https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00872.
5. Aliev, V., Semenyutin, V., Panuntsev, G.: Predictive Value of Cerebrovascular Reserve in Patients with Carotid Artery Stenosis for Choosing Treatment Strategy. Int. J. Pathol. Clin. Res. 5, (2019). https://doi.org/10.23937/2469-5807/1510086.
6. Semenyutin, V., Aliev, V., Panuntsev, G., Patzak, A.: Perioperative Dynamics of Intracranial B-waves of Blood Flow Velocity in the Basal Cerebral Arteries in Patients with Brain Arteriovenous Malformation. In: Acta Neurochirurgica, Supplementum (2021). https://doi.org/10.1007/978-3-030-59436-7_14.
7. Semenyutin, V.B., Aliev, V.A., Bersnev, V.P., Patzak, A.., Panuntsev, G.K., Nikiforova, A.A., Ramazanov, S.S., Pechiborsch, D.A., Iblyaminov, V.B., Asaturyan, G.A., Dudanov, 11 I.P., Pavlov, O.A.: Diagnostic and prognostic potential of non-invasive assessment of cerebral blood flow autoregulation. Reg. blood Circ. Microcirc. 14, (2015). https://doi.org/10.24884/1682-6655-2015-14-1-4-14.
8. Yi, H., Xin, S.Y., Yin, J.F.: A class of algorithms for continuous wavelet transform based on the circulant matrix. Algorithms. 11, (2018). https://doi.org/10.3390/a11030024.
9. Torrence, C., Compo, G.P.: A Practical Guide to Wavelet Analysis. Bull. Am. Meteorol. Soc. 79, (1998). https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)0792.0.CO;2.
10. Malykhina, G.F., Merkusheva, A.V.: Classes of transformations of a non-stationary signal in information-measuring systems. VI. Correspondence of the form of covariance and the type of time-frequency transformation... Sci. instrumentation. 17, 75–87 (2007).
11. Merkusheva, A.V., Malykhina, G.F.: The generalized Fourier transform method for timefrequency transformations, multiplexing and filtering of non-stationary signals in information systems. Sci. Instrum. 16, 85–96 (2006).
12. Malykhina, G.F., Merkusheva, A.V.: Metrological aspects of non-stationary signal transformation for dynamic spectrum analysis. In: 10th IMEKO TC7 Symposium on Advances of Measurement Science 2004 (2004).
13. Mallat, S.: A Wavelet Tour of Signal Processing. (2009). https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374370-1.X0001-8. 13. Daubechies, I.: Ten Lectures on Wavelets. (1992). https://doi.org/10.1137/1.9781611970104.
14. Pérez-Rendón, A.F., Robles, R.: The convolution theorem for the continuous wavelet tranform. Signal Processing. 84, (2004). https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2003.07.014.
15. Malykhina, G., Salnikov, V., Semenyutin, V., Tarkhov, D.: Digitalization of medical services for detecting violations of cerebrovascular regulation based on a neural network signal analysis algorithm. In: ACM International Conference Proceeding Series (2020). https://doi.org/10.1145/3444465.3444526.
16. Bassani T., Cesar Nievola J. Brain-computer interface usingwavelet transformation and naïve bayes classifier. // Advances in Experimental Medicine and Biology. — 2010. https://doi.org/10.1007/978-0-387-79100-5_8.
17. Birch A.A., Dirnhuber M.J.F.R.C.A., Hartley-Davies R., Iannotti F., NeilDwyer G. Assessment of autoregulation by means of periodic changes in blood pressure. // Stroke. — 1995. — Vol. 26. https://doi.org/10.1161/01.STR.26.5.834.
18. Sejdić E.; Djurović I.; Jiang J. Time-frequency feature representation using energy concentration: An overview of recent advances. // Digital Signal Processing. — 2009. — Vol. 19 (1). — Pp. 153–183. doi:10.1016/j.dsp.2007.12.004.
19. Jacobsen E., Lyons R. The sliding DFT. // Signal Processing Magazine. — Vol. 20, issue 2. — Pp. 74–80 (March 2003).
20. Марпл. — мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. с англ. — М.: Мир, 1990.

© Мухидинова Наргис Шухратовна (nargismu@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.19

ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЛОНАСС

PROSPECTIVE INFORMATION TECHNOLOGY FOR IMPROVING GLONASS TIME-FREQUENCY SUPPORT DEVELOPMENT

V. Pasynkov

Summary: The article describes the problem of improving the time-frequency support of GLONASS, which consists in the complication of the mutual clocks synchronization's modern process, due to the significant improvement of its characteristics in terms of stability. Approaches to development the methodology for comparing onboard scales using modern and prospective GLONASS hardware are discussed. The measurements' models developed within the framework of this methodology are presented, including both traditional direct measurements of ranges and query measurements, as well as its various combinations of ranges between coordinate vectors of navigation spacecrafts, non-auery measuring stations and navigation stations. The main features of the concept of processing measurements between the objects of the system using the proposed models are considered. The main uncertain factors to be evaluated are determined which have to evaluate in the process of technology development.

Keywords: GLONASS, UMS, GNSS, TFC, NSC.

Пасынков Владимир Викторович
д.т.н., генеральный конструктор, Акционерное общество «Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения»
pasynkov_vv@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема совершенствования частотно-временного обеспечения ГЛОНАСС, которая заключается в усложнении современного процесса взаимной синхронизации часов, обусловленном значительным совершенствованием их характеристик в части стабильности. Обсуждаются подходы к разработке методологии сличения бортовых шкал с использованием современных и перспективных аппаратных средств ГЛОНАСС. Приводятся разработанные в рамках этой методологии модели измерений, включающих как традиционные прямые измерения дальностей, так и встречные измерения, а также различные математические комбинации дальностей между векторами координат навигационных космических аппаратов, беззапросных измерительных станций и навигационных станций. Рассмотрены основные нюансы концепции обработки измерений между объектами системы с применением предложенных моделей, определены основные неопределенные факторы, подлежащие оцениванию в процессе отработки технологии.

Ключевые слова: ГЛОНАСС, БИС, ГНСС, ЧВП, НКА.

Введение

В прошедшее десятилетие во всех глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС) произошёл существенный прогресс в характеристиках бортовых часов, которые достигли уровня первых единиц пятнадцатого знака по суточной нестабильности [1]. Однако, несмотря на высочайший уровень хранения частоты бортовыми часами, уровень взаимной синхронизации между навигационными космическими аппаратами (НКА) остаётся недостаточным [2]. Есть основания предполагать, что основная причина этого состоит в том, что средства сличений бортовых часов с наземными существенно (примерно в 3 раза) отстали от достигнутого уровня точности хранения частоты на борту [3]. В перспективе в ГЛОНАСС ожидается использование бортовых синхронизирующих устройств (БСУ) на основе водородных стандартов. Таким образом, задача улучшения средств сличений бортовых стандартов частоты ГЛОНАСС с наземными становится актуальной. Экспериментальные данные показывают (рис. 1), что при суточной нестабильности от трех до пяти единиц пятнадцатого знака (водородные стандарты ГНСС Бейдоу и Галилео), амплитуда «белого» шума лучших бортовых стандартов не превышает в линейной мере 6–9 см (0,2–0,3 нс), тогда как точность расчёта точечных оценок («стохастических») по технологии IGS находится на уровне 0,1–0,2 нс (по уровню среднеквадратического отклонения (СКО), без учета систематических погрешностей, присущих вещественному раскрытию неоднозначности фазовых измерений), что не обеспечивает необходимой точности измерений. В этих условиях становится ясно, что актуальным становится формирование технологии и подбор соответствующих средств измерений, которые по характеристикам точности не хуже 0,03–0,1 нс (1–3 см в линейной мере), чтобы бы соответствовать по точности бортовым часам.

Одним из ключевых вопросов в разработке информационной технологии сличения наземных и бортовых часов является выбор средств для реализации упомянутой технологии. В частности, открытым вопросом является выбор типа антенны. Всенаправленные антенные системы (ВАС), применяемые при реализации технологии эфемеридно-временного обеспечения (ЭВО) IGS, имеют преимущества: ниже стоимость на-

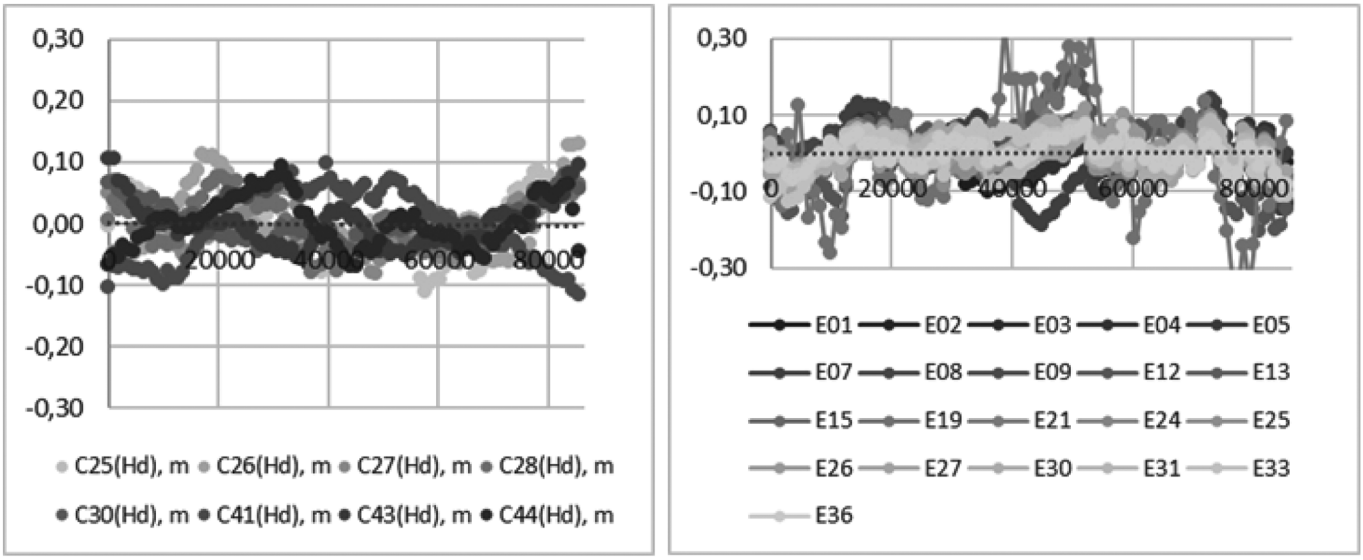


Рис. 1. Частотно-временные поправки (за вычетом линейного тренда) в м для Бейдоу-3 (слева) и Галилео (справа), оснащенных водородными стандартами частоты

земной станции, широкое распространение в потребительской аппаратуре. Тем не менее, ВАС имеют существенные недостатки: прежде всего значительный уровень многолучевости (в разы превышающий собственную погрешность измерений), и крайне низкую помехозащищенность, что интегрально не позволят их рассматривать как перспективное средство частотно-временного определения (ЧВО) при наличии бортовых водородных стандартов. Остронаправленные антенные системы (ОАС) свободны от недостатков ВАС. В системе ГЛОНАСС на первом этапе развития [1] основной упор делался именно на их использование, в том числе отдельное внимание уделялось созданию средств измерений в интересах ЧВО с остронаправленными антеннами. В пользу выбора ОАС говорит и тот факт, что в составе ГЛОНАСС в перспективе будет несколько станций в различных частотных диапазонах, работающих на ОАС. При этом некоторые из станций будут обеспечивать работу в нескольких диапазонах. Таким образом, потенциальный возврат к созданию средств измерений с ОАС потребует решения на новом уровне точности следующих задач:

- — калибровки наземной аппаратуры и параметров антенных систем (АС);
- — определения вариаций выносов АС;
- — оцифровки времени относительно опорного наземного стандарта частоты;
- — геодезической привязки станций,
- — выполнения перечисленных выше мероприятий в нескольких частотных диапазонах (в перспективных НКА ГЛОНАСС их пять), в том числе и для старых сигналов с частотным разделением.

В данной статье рассмотрено создание основ информационной технологии для решения задач калибровки и привязки радиотехнических систем сличения шкал времени НКА ГЛОНАСС, работающих на ОАС, которая бы решала перечисленные выше задачи.

1. Формирование концепции и методических основ информационной технологии

Основная идея предлагаемой далее технологии состоит в последовательном исключении весомых неопределённых факторов, в том числе выносов АС, задержек в приемных и передающих трактах станций, КА и БИС на различных частотах посредством их оценивания на основе обработки методом наименьших квадратов различных комбинаций измерений. Для того, чтобы это сработало на практике, необходимо, чтобы используемые модели комбинаций измерений (прямые, встречные, первые разности) между объектами системы соответствовали их физической природе и содержали компоненты, отвечающие за каждую присутствующую в реальном измерении погрешность. Также необходимо добиться раздельной наблюдаемости этих компонент при обработке измерений, либо нивелировать их влияние другими способами. Таким образом, далее в статье подробно разобраны соотношения, которые автор предлагает использовать в качестве основы в описываемой технологии. В качестве исходных данных для начальных расчетов предлагается использовать формулярные значения задержек (при их наличии) выносов фазового центра (ФЦ) АС, формулярные значения задержек в приемных и передающих трактах, апостериорные эфемериды, апостериорные ионосферные карты, апостериорные частотно-временные поправки (ЧВП). Режим уточнения целесообразно использовать много-орбитальный (все НКА) и много-пунктовый.

Последовательность процедур оценивания предлагается взять следующей. Для измерений НС в навигационном диапазоне:

а) Оценка линейных комбинаций (ЛК) сигналов высокой точности (ВТ) с частотным разделением, в том числе оценка измерений, уточнение координат по кодовым измерениям, уточнение выносов ФЦ АС, уточнение задержек радиолинии;

б) Оценка по прямым измерениям сигналов в *S*-диапазоне с учетом различных вариантов выбора моделей ионосферы;

в) Оценка по разностям сигналов ВТ: C1P на частоте **L**1, C2P на частоте *L*2; ионосферно-свободной комбинации сигналов C2P на частоте *L*2, кодовых ВТ измерений, сглаженных фазой на частотах *F*1, *F*2; ЛК сигнала в *S* диапазоне и сигналом МРЛ.

Для измерений НС в *S* диапазоне предлагается обрабатывать прямые измерения с использованием априорных данных, а также первые разности сигналов ВТ: C1P на частоте *L*1, C2P на частоте *L*2.

Проведение перечисленных процедур требует разработки всех необходимых моделей измерений, которые бы включали варианты представления неопределенных факторов в качестве параметров этих моделей.

2. Формирование моделей измерений и их комбинаций

Составим модель измерений в виде линейных комбинаций, формируемых в интересах уточнения относительных задержек (раздельно для приёмо-передающих трактов) БИНС-МРЛ. Представим исходные уравнения для наземных станций (НС).

Если наземная станция излучает, а КА принимает (прямое измерение):

$$S^i_{k(1)\text{НС}} = \rho^i_{k(1)} + c\overline{t}^{\,i} - c\overline{t}_{\text{н}} + a^{\text{ПД}}_{0k\text{н}} + a^{i\text{ПМ(МРЛ)}}_0. \quad (2.1)$$

где $S^i_{k(1)\text{НС}}$— измерение, $\rho^i_{k(1)}$— геометрическая дальность, $\overline{t}^{\,i}$ — сдвиг часов КА, $\overline{t}_{\text{н}}$ — сдвиг часов станции, $a^{\text{ПД}}_{0k\text{н}}$ — задержка в передающем тракте станции, $a^{i\text{ПМ(МРЛ)}}_0$ — задержка в приемном тракте КА.

Если НС принимает, а КА излучает (встречное измерение):

$$S^i_{k(2)\text{НС}} = \rho^i_{k(2)} + c\overline{t}_{\text{н}} - c\overline{t}^{\,i} + a^{i\text{ПД(МРЛ)}}_0 + a^{\text{ПМ}}_{0k\text{н}}. \quad (2.2)$$

где $S^i_{k(2)\text{НС}}$— измерение, $\rho^i_{k(2)}$— геометрическая дальность, $a^{i\text{ПД(МРЛ)}}_0$ — задержка в передающем тракте КА, $a^{\text{ПМ}}_{0k\text{н}}$ — задержка в приемном тракте станции.

Для БИНС всегда БИС принимает, а КА излучает:

$$S^i_{k(2)\text{БИС}} = \rho^i_{k(2)} + c\overline{t}_{\text{б}} - c\overline{t}^{\,i} + a^{i\text{ПД(БИНС)}}_0 + a^{\text{ПМ}}_{0k\text{б}}, \quad (2.3)$$

где $S^i_{k(2)БИС}$— измерение, $\overline{t}_{\text{б}}$ — сдвиг часов БИС, $a^{i\text{ПД(БИНС)}}_0$ — задержка в передающем тракте КА, $a^{\text{ПМ}}_{0k\text{б}}$ — задержка в приемном тракте БИС.

Необходимо отметить, что ряд станций перспективного наземного сегмента имеют совмещённые тракты *L*- и других диапазонов, что открывает очень хорошие перспективы по комбинированию, калибровке и оценке измерений. Иными словами, (2.2) и (2.3) совмещены на одном стандарте частоты, а также совмещены излучатели на одной АС. Такие характеристики позволяют оценить выносы АС двух старых и трёх новых сигналов в *L*-диапазонах и *S*- диапазоне, оценить относительно калиброванного приёмника (не имеет измерений в F3) калибровки для четырех сигналов в *L*-диапазоне и относительные калибровки *S*-диапазона относительно сигналов в L-диапазоне.

3. Формирование линейных комбинации измерений

3.1. Комбинирование измерений НС-МРЛ

При комбинировании измерений НС в канале МРЛ:

$$S^{i+}_k = \left(S^i_{k(1)\text{НС}} + S^i_{k(2)\text{НС}}\right) = \left(\rho^i_{k(1)} + \rho^i_{k(2)}\right) + a^+_{0k} + a^{i+}_0, \quad (3.5)$$

где a_0k^+ — суммарные задержки *k*-й НС в передающем и приемном трактах соответственно, a^{i+}_0 — суммарные МРЛ задержки *i*-го КА:

$$a^+_{0k} = a^{\text{ПД}}_{0k\text{н}} + a^{\text{ПМ}}_{0k\text{н}} \quad (3.6)$$

$$a^{i+}_0 = a^{i\text{ПД(МРЛ)}}_0 + a^{i\text{ПМ(МРЛ)}}_0 \quad (3.7).$$

Уравнение (3.5) — геометрический параметр, требующий для разрешения знания координат станции со всем нюансами и знания точных эфемерид КА, а также наличия встречных измерений не менее чем от двух пар КА-НС и встречных измерений между двумя этими КА.

$$S^{i-}_k = \left(S^i_{k(1)\text{НС}} - S^i_{k(2)\text{НС}}\right) = 2c\overline{t}^{\,i} - 2c\overline{t}_{\text{н}} + a^-_{0k} + a^{i-}_0, \quad (3.8)$$

где a^-_{k0} — разностные задержки *k*-й НС, a^{i-}_0— разностные МРЛ задержки *i*-го КА:

$$a^-_{k0} = a^{\text{ПД}}_{0k\text{н}} - a^{\text{ПМ}}_{0k\text{н}} \quad (3.9)$$

$$a^{i-}_0 = a^{i\text{ПМ(МРЛ)}}_0 - a^{i\text{ПД(МРЛ)}}_0 \quad (3.10)$$

Уравнение (3.8) — временной параметр, требующий для разрешения знания точных часов КА и станции, а также наличия встречных измерений от не менее чем двух пар КА-НС и встречных измерений между двумя этими КА.

3.2. Комбинирование измерений НС-БИС

Рассмотрим линейные комбинации измерений НС и обычной БИС.

Сумму измерений НС и БИС $S^{i+}_{кн(2)б(2)} = S^{i}_{k(2)НС} + S^{i}_{k(2)БИС}$, где обе станции принимают от излучающего КА, можно представить как:

$$S^{i+}_{кн(2)б(2)} = \grave{}^{\,i}_{k(2)} + \grave{}^{\,i}_{k(2)} + c\left(\bar{t}_н + \bar{t}_б\right) - 2c\bar{t}^{\,i} + \left(a^{ПМ}_{0кн} + a^{ПМ}_{0кб}\right) + \left(a^{iПД(МРЛ)}_{0} + a^{iПД(БИНС)}_{0}\right). \quad (3.11)$$

Разность измерений НС и БИС $S^{i-}_{кн(2)б(2)} = S^{i}_{k(2)НС} - S^{i}_{k(2)БИС}$, где обе станции принимают от излучающего КА:

$$S^{i-}_{кн(2)б(2)} = \grave{}^{\,i}_{кн(2)} - \grave{}^{\,i}_{кб(2)} + c\left(\bar{t}_н - \bar{t}_б\right) + \left(a^{ПМ}_{0кн} - a^{ПМ}_{0кб}\right) + \left(a^{iПД(МРЛ)}_{0} - a^{iПД(БИНС)}_{0}\right), \quad (3.12)$$

позволяет компенсировать бортовые часы, а также наземные, если $\bar{t}_н = \bar{t}_б$. Таким образом, для успешного разрешения наиболее интересной относительной задержки $a^{iПД(МРЛ)}_{0} - a^{iПД(БИНС)}_{0}$ необходимо не только совмещение на одном стандарте частоты НС, но и знание или возможность замера разности задержек часов НС и БИС.

Ситуация существенно упрощается, если приёмный тракт БИС откалиброван ($a^{ПМ}_{0кб} = 0$). В таком случае можно при известном (уточненном) приёмном тракте НС-МРЛ провести оценку разности передающих трактов МРЛ-БИНС на КА: $a^{iПД(МРЛ)}_{0} - a^{iПД(БИНС)}_{0}$. Оценка $a^{iПД(МРЛ)}_{0}$ также возможна на основе суммарных и разностных измерений НС-МРЛ, в результате чего можно получить непосредственную задержку $a^{iПД(БИНС)}_{0}$.

Сумма измерений НС, где НС излучает, а БИС принимает: $S^{i+}_{кн(1)б(2)} = S^{i}_{k(1)НСКУ} + S^{i}_{k(2)БИС}$ представляется как:

$$S^{i+}_{кн(1)б(2)} = \grave{}^{\,i}_{кн(1)} + \grave{}^{\,i}_{кб(2)} + c\left(\bar{t}_н - \bar{t}_б\right) + \left(a^{iПД}_{0кн} + a^{ПМ}_{0кб}\right) + \left(a^{iПМ(МРЛ)}_{0} + a^{iПД(БИНС)}_{0}\right) \quad (3.13)$$

и при известных эфемеридах позволяет компенсировать бортовые часы (наземные тоже, если $\bar{t}_н = \bar{t}_б$).

Если приёмный тракт БИС откалиброван, то можно также при известном (уточненном) передающем тракте НС-МРЛ (из суммарных и разностных задержек) провести оценку суммы приёмо-передающих тактов МРЛ-БИНС на КА: $a^{iПД(МРЛ)}_{0} - a^{iПД(БИНС)}_{0}$.

То есть получается, что обработка суммарных и разностных МРЛ-МРЛ и НС-МРЛ должна проводиться с использованием помимо уравнений (3.12) также и (3.13).

Разность измерений НС, где НС излучает, а БИС принимает $S^{i-}_{кн(1)б(2)} = S^{i}_{k(1)НС} - S^{i}_{k(2)БИС}$:

$$S^{i+}_{кн(1)б(2)} = \grave{}^{\,i}_{кн(1)} - \grave{}^{\,i}_{кб(2)} + c\left(\bar{t}_н + \bar{t}_б\right) - 2c\bar{t}^{\,i} + \left(a^{iПМ}_{0кн} - a^{iПД}_{0кб}\right) + \left(a^{iПМ(МРЛ)}_{0} - a^{iПД(БИНС)}_{0}\right). \quad (3.20)$$

4. Формирование первых разностей между НС и БИС

Для достижения поставленной цели необходима также обработка разностей измерений.

4.1. Комбинирование НС-БИС в навигационном диапазоне

Формирование разностных кодовых измерений направлено на устранение неопределенностей и погрешностей, обусловленных вкладом в «прямые» измерения погрешностей бортовой аппаратуры НКА и частично (или полностью при локальной близости) среды распространения сигнала. Для измерений НС на ОАС в навигационном диапазоне и измерений БИС на тех же сигналах из уравнений (3.2) и (3.3) можно сформировать первые разности кодовых псевдодальностей (для *i*-го КА между приемниками *k*-БИС и l-НС), как

$$\Delta S^{i}_{k(2)БИС,l(2)НС} = S^{i}_{k(2)БИС} - S^{i}_{l(2)НС} \quad (3.25)$$

В этом случае (3.2) преобразуется:

$$S^{i}_{k(2)НС} = \rho^{i}_{k(2)} + c\bar{t}_н - c\bar{t}^{\,i} + a^{iПД(БИНС)}_{0} + a^{ПМ}_{0кн}. \quad (3.26)$$

что в терминах описанной модели приводит к уравнению

$$\Delta S^{i}_{k(2)БИС,k(2)НС} = \rho^{i}_{k(2)} - \rho^{i}_{l(2)} + c\bar{t}_б - c\bar{t}_н + a^{ПМ}_{0кб} - a^{ПМ}_{0кн}, \quad (3.27)$$

В уравнении (3.27) присутствуют геометрическая разность АС НС и БИС, разность часов (при использовании одного опорного стандарта от нее остается только систематическая погрешность оцифровки времени на НС и БИС) и разность задержек в наземной аппаратуре, что при использовании калиброванной (опорной) БИС ($a^{ПМ}_{0кб} = 0$) позволяет непосредственно оценить задержку в НС $a^{ПМ}_{0кн}$.

Локальная близость НС и БИС на пунктах эксплуатации позволяет провести обработку в первых разностях на каждой ЛК (3.27) или на каждой отдельной частоте (см. далее (3.28)). В этом случае возможно нивелировать погрешность знания бортовых выносов антенны на частоте *Fi*, погрешность знания бортовых задержек на частоте *Fi*, погрешность ЧВП *i*-го КА (то есть ЧВП становятся не нужны), погрешности распространения сигнала в ио-

носфере и тропосфере, которые при интерпретации измеряемого параметра можно не учитывать.

В случае проведения асинхронных измерений, отличных на τ, уравнение (3.27) примет вид:

$$\Delta S^i_{k(2)\text{БИС},k(2)\text{НС}}(\tau) = \rho^i_{k(2)}(t) - \rho^i_{l(2)}(t+\tau) + \\ + c\bar{t}_{\text{б}}(t) - c\bar{t}_{\text{н}}(t+\tau) + a^{\text{ПМ}}_{0k\text{б}} - a^{\text{ПМ}}_{0k\text{н}}, \quad (3.28)$$

Так как и БСУ и наземные стандарты на интервалах времени τ в несколько секунд достаточно стабильны, то вариациями наземных и бортовых часов в (3.28) можно пренебречь. Таким образом, при одновременном наблюдении НС и БИС, находящимся на одном стандарте частоты, для совокупности созвездия из *n*-КА остаются неразрешенными систематическая разность шкал времени между *k*-м комплектом НС и эталонной БИС — $a_{\text{k-нс}}$, если за эталон принимать часы БИС, литерные калибровки НС по литерам КА (для сигналов с частотным разделением), координаты станции, вынос ФЦ АС НС относительно опорных координат.

4.2. Комбинирование НС в канале МРЛ БИС

Разность измерений НС и БИС, где обе станции принимают от излучающего КА, имеет вид (3.12). В случае асинхронных измерений отличных на τ уравнение (3.12) примет вид:

$$\Delta S^i_{k(2)\text{БИС},k(2)\text{НС}}(\tau) = \rho^i_{k(2)}(t) - \\ - \rho^i_{l(2)}(t+\tau) + c\bar{t}_{\text{б}}(t) - c\bar{t}_{\text{н}}(t+\tau) + \\ + \left(a^{\text{ПМ}}_{0k\text{б}} - a^{\text{ПМ}}_{0k\text{н}}\right) + \left(a_0^{i\text{ПД(МРЛ)}} - a_0^{i\text{ПД(БИНС)}}\right), \quad (3.29)$$

Так же, как и в уравнении (3.28), вариациями наземных и бортовых часов в (3.29) можно пренебречь. В этом случае нивелируются погрешность ЧВП i-го КА, погрешности распространения сигнала в тропосфере, которые при интерпретации измеряемого параметра можно не учитывать. Разницы бортовых и наземных задержек проявляются в полной мере: $\left(a_0^{i\text{ПД(МРЛ)}} - a_0^{i\text{ПД(БИНС)}}\right)$ — разность задержек в передающих трактах бортовой аппаратуре на частотах МРЛ и БИНС, $\left(a^{\text{ПМ}}_{0k\text{б}} - a^{\text{ПМ}}_{0k\text{н}}\right)$ — разность задержек в приёмных трактах в наземной аппаратуре на частотах МРЛ и БИНС, погрешность знания бортовых выносов антенны на частотах БИНС и МРЛ, которая входит в геометрические расстояния $\rho^i_{k(2)}(t) - \rho^i_{l(2)}(t+\tau)$, погрешность распространения в ионосфере на различных частотах. Расчет ионосферных поправок для измерений в *S*-диапазоне по измерениям в *L*-диапазоне предлагается проводить в следующей последовательности:

А) Формируются линейные комбинации (вторая частота минус первая) измерений псевдодальности в навигационном диапазоне ΔS^i на каждый момент времени проведения измерении НС по *i*-му КА.

$$\Delta S^i_L = S^i_{L2} - S^i_{L1} \quad (3.30)$$

Б) Проводится коррекция ΔS^i_L на величину межчастотной поправки:

$$\Delta S^{i'}_L = \Delta S^i_L - C^i - \Delta_{\text{АФНС}}, \quad (3.31)$$

где $\Delta_{\text{АФНС}}$ — поправка для аппаратуры формирования навигационного сигнала (АФНС) из навигационного сообщения, если она не учтена в калибровке НС, C^i — значение межчастотной поправки для *i*-го КА в наземной аппаратуре, рассчитываемой отдельно.

В) Рассчитывается ионосферная поправка для частоты $F_{1\text{ГГц}} = 1$ ГГц:

$$\Delta S^{i'}_{1\text{ГГц}} = \frac{\Delta S^{i'}_L}{k_{Fl} \cdot F^2_{1\text{ГГц}}}, \quad (3.32)$$

$$k_{Fl} = \frac{1}{F^2_{L2}} - \frac{1}{F^2_{L1}}, \quad (3.33)$$

где k_{Fl} — частотный коэффициент для несущих частот F^2_{L1} и F^2_{L2} (для частотных сигналов ГЛОНАСС не зависит от литеры, поэтом индекс КА опущен). Для S-диапазона ионосферная поправка:

$$\Delta S^{i'}_S = \frac{\Delta S^{i'}_{1\text{ГГц}}}{F^2_S}, \quad (3.34)$$

где F_S — частота *S*-диапазона, ГГц. Если поправка для АФНС и значение межчастотной поправки для *i*-го КА содержат погрешности, то в *S*-диапазоне ионосферная поправка будет иметь погрешность с коэффициентом:

$$k = \frac{1}{k_{Fl} \cdot F^2_S}. \quad (3.35)$$

Коэффициент усиления погрешности измерений при компенсации ионосферной задержки двухчастотным методом зависит от разности частот.

$$R = R_1 - \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2}(R_2 - R_1) = \\ = R_1 - \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2}R_2 + \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2}R_1 = \\ = R_1\left(1 + \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2}\right) - \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2}R_2 = \\ = \frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2}R_1 - \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2}R_2 = \\ = \frac{1}{1 - (f_2 / f_1)^2}R_1 - \frac{1}{(f_2 / f_1)^2 - 1}R_2 \quad (3.36)$$

Г) Формируются линейные комбинации (вторая частота минус первая) измерений псевдодальности в навигационном диапазоне ΔS^i на каждый момент времени проведения измерении НС по *i*-му КА.

$$\Delta S^i_{SL} = S^i_S - S^i_L \quad (3.37)$$

Д) Проводится коррекция ΔS^i_{SL} на величину межчастотной поправки:

$$\Delta S^{i'}_{SL} = \Delta S^i_{SL} - C^i_{SL} - \Delta_{\text{БИНС-МРЛ}} \quad (3.38)$$

где $\Delta_{\text{БИНС-МРЛ}}$ — разность задержек между БИНС и МРЛ (смещение между псевдопоследовательностью ВТ радиосигнала диапазона $L1$ ($L2$) относительно псевдопоследовательности радиосигнала МРЛ передающего тракта БИНС), C^i_{SL} — разность задержек в НА в диапазонах S и L.

Последовательность приведенных шагов позволяет определить ионосферные поправки, которые необходимы для использования приведенных в разделах 2, 3 уравнений измерений дальностей между НС/БИС и НКА.

Таким образом, с учетом сформированных в разделах выше моделей измерений можно приступить к реализации методики их последовательной оценки на основе данных проводимых экспериментов.

Заключение

В статье рассмотрено создание основ информационной технологии сличения шкал времени в ГЛОНАСС, которое базируется на применении современных и перспективных наземных и бортовых аппаратных средств проведения измерений, доступных в ГЛОНАСС, а также на достигнутых ранее результатах разработки технологий по уточнению неопределенных факторов, приводящих к ошибкам в измерениях. Предложена методология формирования и обработки измерений, состоящая из последовательности шагов и соответствующих им наборам исходных данных. Описаны мероприятия, позволяющие устранить систематические погрешности, вызванные неопределенными факторами, которые препятствуют высокоточному определению частотно-временных поправок. С целью реализации и проведения экспериментов путем отработки предлагаемой методики сформированы и представлены необходимые для этого модели измерений дальностей между НКА, БИС, НС, которые включают прямые и встречные измерения дальностей, линейные комбинации и разности измерений дальностей и содержат в качестве параметров устраняемые погрешности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кружков Д.М., Пасынков В.В. Отечественная глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС: особенности создания, развития и использования. М.: Издательство МАИ, 2022. — 112 с. ISBN: 978-5-4316-0884-1.
2. П.П. Богданов, В.Е. Дружин, О.Е. Нечаева, А.Е. Тюляков, А.Ю. Феоктистов, К.Г. Шупен. Основные направления повышения точности частотно-временного обеспечения ГНСС ГЛОНАСС. Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2013. № 6 (52). С. 38–42.
3. Богданов П.П., Дружин А.В., Примакина Т.В., Феоктистов А.Ю. Проблемы передачи времени в ГЛОНАСС. Труды Института прикладной астрономии РАН. 2020. № 52. С. 9–12.

© Пасынков Владимир Викторович (pasynkov_vv@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.20

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

USING RECURRENT NEURAL NETWORKS FOR TIME SERIES FORECASTING

V. Perepelkin

Summary: Neural networks are widely used in various fields, including medicine, finance, manufacturing and science. They are already successfully used for solving problems of classification, computer vision, video image processing, natural language processing, data and image generation, and many others. In the work under study, the problematic aspects of using recurrent neural networks for forecasting time series are considered. Time series are ubiquitous in the world around us, industry and science. It represents collected historical data, such as the number of people living in a territory, production volumes, fuel consumption volumes, etc. The prediction of future values of time series is an important task in order to be able to prepare in advance for upcoming changes. The construction of a model for predicting the incidence of the COVID-19 virus based on recurrent neural networks is also considered as an example.

Keywords: forecasting, time series, neural networks, models.

Перепелкин Вадим Юрьевич
аспирант, Московский государственный университет технологий и управления (Первый казачий университет)
vup@rambler.ru

Аннотация: Нейронные сети находят широкое применение в различных областях, включая медицину, финансы, производство и науку. Они уже успешно используются в решении задач классификации, компьютерного зрения, работы с видео изображениями, обработки естественных языков, генерации данных и изображений и многих других. В исследуемой работе рассмотрены проблемные аспекты использования рекуррентных нейросетей для прогнозирования временных рядов. Временные ряды повсеместно встречаются в окружающем мире, промышленности и науке. Они представляют собой собранные статистические данные за прошлые периоды, например, количество проживающих людей на какой-либо территории, объемы производства продукции, объемы потребления топлива и т.д. Важной задачей является прогнозирование будущих значений временных рядов, чтобы иметь возможность заранее подготовиться к предстоящим изменениям. В качестве примера рассмотрено построение модели прогнозирования заболеваемости вирусом COVID-19 на базе рекуррентных нейросетей.

Ключевые слова: прогнозирование, временные ряды, нейронные сети, модели.

Предлагаю рассмотреть систему прогнозирования в аспекте суждения о состоятельности будущего процесса или объекта. Система прогнозирования является важнейшим инструментом для принятия решений в областях технологий и науки.

Нейронная сеть — это компьютерная программа, которая работает по принципу человеческого мозга: она пропускает входные данные через систему «нейронов» — более простых программ, взаимодействующих между собой, после чего выдаёт некий результат вычислений на основе этого взаимодействия, учитывая опыт и ошибки прошлых запусков программы. Концепция нейронных сетей была разработана на основе изучения биологических нейронных сетей, которые присутствуют в мозге людей и животных. В процессе работы нейронной сети информация обрабатывается и передается через множество связей между нейронами. Это позволяет нейронной сети обучаться на основе опыта и принимать решения на основе полученных данных. Нейронные сети находят широкое применение в различных областях, включая медицину, финансы, производство и науку. Они используются для анализа и обработки больших объемов данных, определения трендов и прогнозирования будущих событий. Нейронные сети могут обучаться на основе большого количества данных и использовать эту информацию для классификации, распознавания образов, определения паттернов и других задач. Это позволяет создавать более эффективные и точные системы, которые могут автоматизировать многие процессы. На текущий момент разработано огромное количество различных типов нейросетей и их архитектур. В зависимости от типа решаемой задачи выбирается та или иная архитектура нейросети. Некоторые типы нейросетей, как например сверточные нейросети, показали свою эффективность в решении задач компьютерного зрения, когда необходим анализ изображения с целью нахождения какого-либо объекта и последующего его распознавания, либо обработки потокового видео с детекцией и сегментацией. Другие типы используются для генерации новых данных, как например, генеративные нейросети, которые способны создавать новые изображения на основания описания, заданного пользователем.

Временной ряд представляет собой в совокупности собранный в разные моменты времени статистический материал о значении каких-либо параметров исследуемого процесса. Вот несколько примеров временных рядов: ежедневные значения температуры воздуха в некотором регионе, объемы потребления электроэнергии, количество произведенной сельскохозяйственной продукции, популяция населения и т.д.

Исторические данные, собранные за некоторый период времени, могут быть использованы для анализа, поиска скрытых закономерностей, корреляции с раз-

личными параметрами, которые могу влиять на измеряемые значения и прогнозирования будущих значений. Прогнозирование является важным процессом, который позволяет строить планы на будущее, готовиться к предстоящим изменениям, и принимать взвешенные решения. Важно отметить, что точно спрогнозировать значения интересующей величины невозможно. Даже банальный прогноз погоды на ближайший день с учетом накопленных исторических данных и сезонности процесса, а также использования специальных технических инструментов, которые позволяют собирать показатели и получать представления об изменениях, наблюдаемых в атмосфере, далеко не всегда бывает точным. Таким образом прогнозируемая величина всегда может отличаться от реально наблюдаемой, и в данном случае важно то, на сколько она будет отличаться, т.е. ошибка прогнозирования. Очевидно, чем больше период времени, на который дается прогноз, тем больше будет ошибка. Нужны требования к допустимому интервалу, в котором может находиться ошибка.

Хорошим примером может послужить компания, которая занимается производством и продажей электроники. Один из ключевых показателей для такой компании — это объем продаж. Для руководства компании было бы полезно прогнозировать объем продаж на основе исторических данных. Для начала нужно собрать данные по продажам за последние несколько лет. Далее нужен некоторый механизм или система, которая позволит на основании собранных данных строить прогнозы на будущие периоды. Например, предположим, что мы хотим прогнозировать объем продаж на следующий год. Мы можем подать исторические данные по продажам в нашу систему, и она выдаст прогноз на основе обнаруженных закономерностей и трендов. Это позволит компании планировать свои бизнес-операции, управлять запасами и ресурсами, и принимать более обоснованные решения.

На текущий момент существует несколько различных способов прогнозирования. Начиная от экспертных оценок, заканчивая математическими моделями, такими как GARCH и ARIMA, которые позволяют путем анализа исторических данных подбирать параметры и строить математические модели, которые могут использоваться для прогнозирования.

Одним из самых современных способов прогнозирования является использование нейросетей. Но использование нейросетей для прогнозирования временных рядов имеет ряд проблем. Классические полносвязные нейросети или сверточные имеют фиксированный размер входного слоя, что не соотносится с тем, временной ряд может быть произвольной длины. Кроме того, указанные выше типы нейросетей не обладают памятью, т.е. результат работы нейросети зависит только от входных параметров и не учитывает обработанные ранее данные.

Для решения данных проблем обратимся к нейросетям, которые используются в задачах обработки естественного языка нейросетями. При обработке, например, напечатанного текста возникают аналогичные проблемы, т.к., во-первых, длина текста может варьироваться. Во-вторых, слова или предложения, подаваемые на вход, могут быть связаны друг с другом, иначе говоря, каждое слово, которое обрабатывает нейросеть должно быть обрабатывать не отдельно, а в рамках контекста, в котором оно используется, т.е. нейросеть должна обладать памятью.

Общий класс нейросетей, которые используются для обработки естественного языка, называется рекуррентные нейросети (RNN). Рассмотрим их принцип работы.

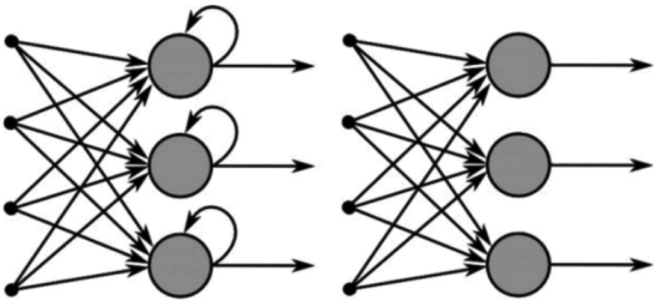


Рис. 1. Отличия полносвязного слоя от рекуррентного

На рисунке 1 показаны отличия рекуррентного слоя от обычного слоя. Если обычный слой получает на вход только значения от предыдущего слоя, то рекуррентный слой получает на вход помимо значений от предыдущего слоя еще и значения от самого себя, сгенерированные на предыдущем этапе. Таким образом, рекуррентный слой имеет внутреннее состояние, которое зависит от ранее обработанных данных, и которое учитывается при формировании выходных данных.

Существует большое количество различных типов рекуррентных сетей, но в общем виде логика их работы может быть выражена формулой:

$$y_t = \sigma_y\left(W_y h_t + b_t\right)$$

$$h_t = \sigma_h\left(W_h X_t + U_h h_{t-1} + b_h\right)$$

Где: X_t — вектор входного слоя; h_t — вектор скрытого слоя; y_t — вектор выходного слоя; W, U, b — матрица и вектор обучаемых параметров; σ_y, σ_h — функции активации.

Использование рекуррентных нейросетей в обработке естественного языка доказало свою эффектив-

ность. На вход RNN подаются слова из предложения, каждое слово кодируется таким образом, чтобы размер входных данных был фиксированным. При этом, при обработке каждого нового слова нейросеть учитывает уже обработанные ранее слова, т.е. понимает контекст, в котором используется слово.

Аналогичный подход может быть использован и для обработки временных рядов. Мы будем двигаться по временному ряду с окном заданной длины, которое будет подаваться на вход нейросети, следующее значение будет использоваться для обучения сети. Т.е., например, у нас есть ряд из 5000 значений, мы будем идти окном в 10 значений начиная с 0-го элемента, на каждой итерации сдвигая окно на 1 вправо до тех пор, пока не пройдем весь ряд до 5000 элемента. На первой итерации на вход сети будут поданы элементы с 0 по 9, а 10 элемент будет использован для проверки корректности предсказания сети и обратного распространения ошибки для обучения. На второй итерации на вход будут поданы элементы с 1 по 10, а элемент 11 использован для проверки, и т.д. пока не будет обработан весь ряд. При этом на каждой новой итерации нейросеть будет учитывать уже обработанные элементы и таким образом сможет находить закономерности во временном ряду.

Для построения модели будет использован язык программирования Python, который де-факто является стандартом для решения задач машинного обучения и построения моделей, основанных на нейросетях. Также будут использоваться библиотека Pandas, которая позволяет работать с данными, и библиотека PyTorch, которая позволяет создавать и обучать нейросети. Программа будет обрабатывать статистические данные о количестве заболевших вирусом COVID-19. Данные будут разделены на обучающую выборку и проверочную. Для оценки корректности прогнозируемых значений будет использоваться средняя квадратичная ошибка. Модель, обученная на обучающей выборке, будет прогнозировать будущие значения на несколько дней вперед.

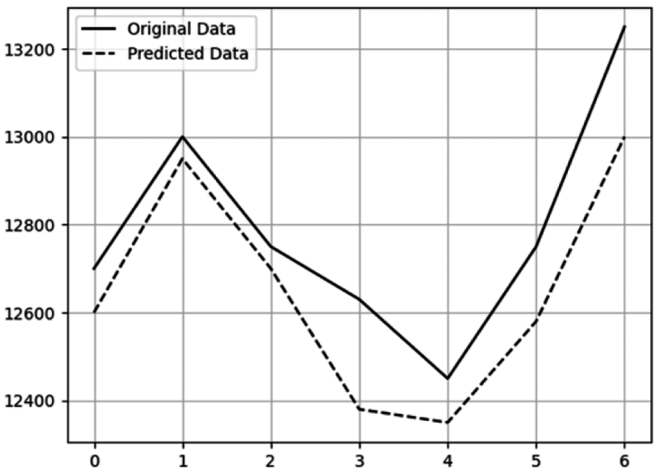


Рис. 2. График реальных и прогнозируемых значений

На рисунке 2 показаны результаты эксперимента применения RNN для прогнозирования количества заболевших вирусом COVID-19. Синяя линяя — реальная статистика заболевших. Красная линия — прогнозируемые значения. Как можно убедиться, спрогнозированные значения довольно неплохо соотносятся с реальным, повторяют общий тред, но безусловно отличаются от реальных.

Таким образом, использование рекуррентных нейронных сетей для прогнозирования временных рядов является очень перспективным направлением в области машинного обучения. Применение RNN позволяет достичь высокой точности прогнозирования и избежать проблем затухания градиента при обучении на длинных последовательностях. В научной литературе также можно найти информацию о применения RNN для решения аналогичных задач, в которых также подтверждается эффективность применения RNN сетей для решений задача данного класса в сравнении с использованием других подходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Омельяненко, Я. Эволюционные нейросети на языке Python: практическое руководство / Я. Омельяненко; пер. с англ. В.С. Яценкова. — Москва: ДМК Пресс, 2020. — 310 с. — ISBN 978-5-97060-854-8. — Текст: электронный. — URL: https://znanium.com/catalog/product/1210699 (дата обращения: 13.06.2023).
2. Альсова, О.К. Исследование временных рядов в среде R: учебное пособие / О.К. Альсова. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021. — 88 с. — ISBN 978-5-7782-4337-8. — Текст: электронный. — URL: https://znanium.com/catalog/product/1866886 (дата обращения: 14.06.2023).
3. Воейко, О.А. Анализ временных рядов и прогнозирование: практикум / О.А. Воейко. — Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2019. — 175 с. — ISBN 978-5-4499-0178-1. — Текст: электронный. — URL: https://znanium.com/catalog/product/1873514 (дата обращения: 14.06.2023).
4. Ларионова, И.А. Статистика. Анализ временных рядов: учебное пособие / И.А. Ларионова. — Москва: ИД МИСиС, 2001. — 73 с. — Текст: электронный. — URL: https://znanium.com/catalog/product/1281162 (дата обращения: 14.06.2023).
5. Виноградская, Н.А. Управление производством: методы экономического прогнозирования и планирования: практикум / Н.А. Виноградская, Е.Н. Елисеева, О.О. Скрябин. — Москва: Изд. Дом МИСиС, 2013. — 96 с. — ISBN 978-5-87623-687-6. — Текст: электронный. — URL: https://znanium.com/catalog/product/1240023 (дата обращения: 14.06.2023).

© Перепелкин Вадим Юрьевич (vup@rambler.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.21

ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С УЧЁТОМ РАЗВЁРТЫВАНИЯ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА

PLANNING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES, TAKING INTO ACCOUNT THE DEPLOYMENT OF THE QUALITY FUNCTION

A. Popov
M. Tikhonov
O. Shikula

Summary: The article deals with the problems of using the methodology of deploying the quality function (QFD), the essence and classification of production technological processes. The concept, principles and key stages of planning and formation of technological processes of product production are disclosed. The structure and interrelation of the QFD with the processes of designing and manufacturing new (modernized) products are shown. The features of the construction of the third «quality house» of QFD technology are presented.

Keywords: planning of technological processes, QFD technology, the third «house of quality».

Попов Александр Александрович
к.в.н., профессор, профессор института СПИНТех, Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
Тихонов Мартин Робертович
к.т.н., доцент института СПИНТех, Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
kurotenshi91@yandex.ru
Шикула Ольга Сергеевна
ст. преподаватель института СПИНТех, Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
oshik78@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрены проблемы использования методологии развёртывания функции качества (РФК), сущность и классификация производственных технологических процессов. Раскрыты понятие, принципы и ключевые этапы планирования и формирования технологических процессов производства продукта. Показаны структура и взаимосвязь РФК с процессами проектирования и производства новой (модернизируемой) продукции. Представлены особенности построения третьего «дома качества» технологии РФК.

Ключевые слова: планирование технологических процессов, технология РФК, третий «дом качества».

В настоящее время методология РФК получила общемировое признание. Всё больше предприятий успешно осваивают данный метод, позволяющий на основе учёта потребительских предпочтений не только постоянно совершенствовать, но и создавать инновационную продукцию, что приводит к росту конкурентоспособности этих предприятий, повышению их прибылей [1].

В России использование технологии РФК пока не нашло широкого применения, однако отмечается повышенный интерес к ней в последние годы, прежде всего, со стороны крупных компаний.

Трудности в использовании рассматриваемого метода обусловлены тем, что наиболее глубоко в нём проработаны вопросы построения матриц взаимосвязи первого и второго «домов качества» [2, 3, 4]. Последующие матрицы, в зависимости от сложности проектируемого продукта, являются весьма проблемными в аспекте их построения. Это вызвано не только спецификой технологических процессов, но и необходимостью учёта множества параметров качества продукции при её производстве.

В данной статье сделана попытка раскрыть сущность и основы планирования технологических процессов, показать их взаимосвязь с третьим «домом качества» и особенностями его построения.

Технологический процесс, являясь важнейшим элементом производственного процесса, включает совокупность целенаправленных действий по преобразованию перерабатываемого материала в производимую продукцию.

Технологические процессы составляют основу производственных процессов и предполагают целенаправленные действия по преобразованию сырья (заготовок, полуфабрикатов) в готовые детали (изделия). При этом результатом технологического процесса является изменение формы, размеров или свойств обрабатываемого полуфабриката (заготовки).

В целом, технологический процесс призван связывать в единое целое все производственные звенья. Поэтому точное следование установленному технологическому процессу является залогом правильной организации всего производства. В зависимости от сформированных технологических операций устанавливается трудоемкость изготовления компонентов (деталей) изделия, определяются временные и стоимостные нормативы, рассчитывается требуемое количество персонала, оборудования, инструментария, себестоимость изготов-

ления изделий, осуществляются рациональное календарное планирование и контроль качества и сроков запланированных работ [5].

Классификация технологических процессов представлена на рис. 1.

К основным технологическим процессам относятся те, в ходе которых осуществляются изменения геометрических форм и размеров, физических и химических свойств продукции. В свою очередь, эти процессы подразделяются на подготовительные или заготовительные, преобразующие или обрабатывающие и заключительные или сборочные разновидности.

Посредством вспомогательных технологических процессов (изготовление или ремонт инструментария, оснастки и оборудования; обеспечение жизненно важными видами материальных ресурсов, например, таких как, электроэнергия, газ, топливо, вода и др.) осуществляется непрерывная реализация основных технологических процессов.

Обслуживающие технологические процессы (транспортировка, погрузочно-разгрузочные операции, хранение, технический контроль и др.) тесно связаны с обслуживанием основных и вспомогательных технологических процессов, хотя и непосредственно не предназначены для создания продукции.

В зависимости от целей и масштабов их применения, как правило, выделяют следующие виды технологических процессов:

— единичный, направленный на изготовление (ремонт) изделий, обладающих схожими конструктивными и технологическими свойствами;
— типовой, служащий для изготовления однотипных изделий со схожими конструктивно-технологическими свойствами;
— групповой, обеспечивающий производство изделий с различными конструктивными, но схожими технологическими свойствами.

По критерию инновационности технологические процессы подразделяются на:
— типичные, применяемые в рамках существующих конструктивных исполнений, технологий, способов обработки компонентов изделий, инструментария и оснастки;
— перспективные, использующие новые технологические решения, сырье материалы и инструментарий.

Разновидностями технологических производственных процессов также являются:
— унифицированные технологические процессы, характерные для серийного производства, и применяемые при изготовлении однотипных изделий со схожими конструктивно-технологическими свойствами;
— рабочие технологические процессы, осуществляемыми в рамках конкретного предприятия и используемые для изготовления (ремонта) отдельных компонентов изделий;
— проектные технологические процессы, разработанные и применяемые на основе предваритель-

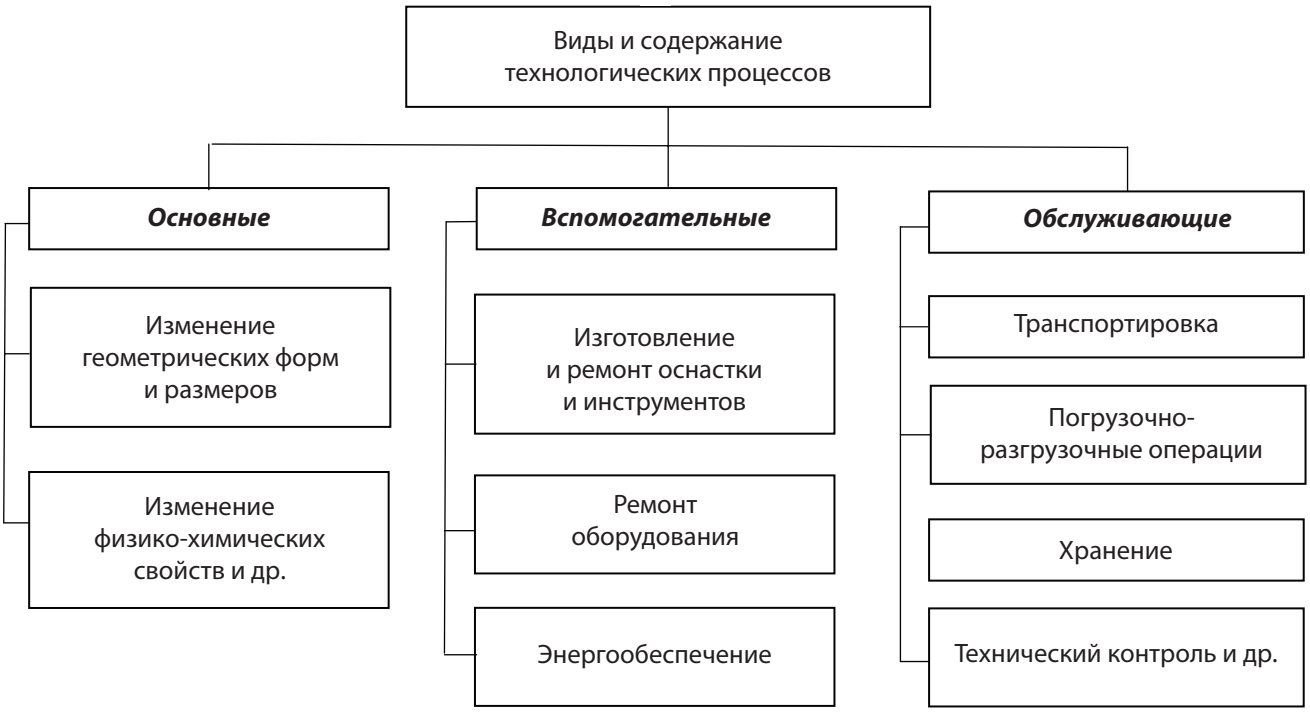


Рис. 1. Виды и содержание технологических процессов

но сформированной проектно-технологической документации, например, в рамках опытного производства продукта;
— временные технологические процессы, имеющие ограниченные сроки применения, обусловленные краткосрочным отсутствием необходимого оборудования или в связи с форсмажорными ситуациями, вызвавшими выход из строй стандартного технологического процесса;
— стандартные технологические процессы — это процессы, опирающиеся на существующие стандарты, регламентирующие порядок использования оборудования, технологической оснастки и режимов обработки компонентов изделия;
— комплексные технологические процессы, предусматривающие возможность применения нескольких технологических операций изготовления компонентов изделий, операции хранения, перемещения и контроля сырья и готовых изделий и др.;
— маршрутные технологические процессы, предполагающие разработку маршрутных карт (без учета переходов) и используемые при единичном или мелкосерийном производстве;
— операционные технологические процессы, содержащие детальное описание установленной последовательности операционных действий;
— маршрутно-операционные технологические процессы, предусматривающие выполнение отдельных операций, отображенных в маршрутных картах.

Кроме того, в зависимости от характера производимых работ различают технологические процессы механической обработки, литья, сборки, термообработки, обработки давлением, нанесения покрытий и др.

Существуют и иные признаки классификации видов технологических процессов.

Этап планирования и разработки технологических процессов предназначен для обеспечения всестороннего развития эффективной системы и процесса производства, и отражает ключевые моменты разработки производственного процесса и формирования (уточнения) плана управления в интересах создания качественной продукции.

Целью такого планирования состоит в окончательном завершении разработки всех технологических и производственных функций (процессов).

Задачи, которые должны быть реализованы на этапе планирования технологических процессов, зависят от конечных результатов выполнения предыдущих этапов (планирование и проектирование продукции). При этом производственный процесс должен обеспечивать гарантированное выполнение требований и ожиданий потенциального потребителя по создаваемой продукции.

При планировании и разработке рассматриваемого процесса целесообразно использовать такие основополагающие принципы, как [5]:

1. Технологичность конструкции, которая обеспечивается строгим соблюдением требований как к свойствам деталей, так и к технологии изготовления, позволяющей производить их с высоким качеством и минимальными затратами;
2. Принцип деления процесса обработки на стадии, определяющий разделение технологического процесса на грубые (менее точные, но более дешевые) и точные (более дорогостоящие) операции;
3. Взаимозаменяемость — возможность сборки готового изделия из независимо изготовленных компонентов, при этом отсутствует необходимость в дополнительной обработке изделия в ходе его сборки;
4. Принцип концентрации технологических операций, сводящийся к целесообразности обработки возможно большего количества поверхностей на одном рабочем месте;
5. Принцип дифференциации операций предполагает необходимость разбиения технологических процессов на более простые операции.

Технологическое планирование процессов изготовления продукции должно базироваться на принятии рациональных решений по соблюдению всех требований к её проектированию и производству, учитывать сложившиеся условия, влияющие на преобразование сырья в готовое изделие.

Критериями выбора лучшего варианта технологического процесса являются минимальная себестоимость и высокая производительность изготовления проектируемого продукта с заданным качеством.

Входными данными для планирования технологических процессов являются выходные данные процесса проектирования продукции (рис. 2).

Планирование и разработка технологического процесса производства продукции предполагает разработку совокупности более детализированных внутренних процессов, в том числе:
— технологических процессов изготовления отдельных деталей (компонентов) будущего изделия;
— технологических процессов сборки готового изделия (продукта).

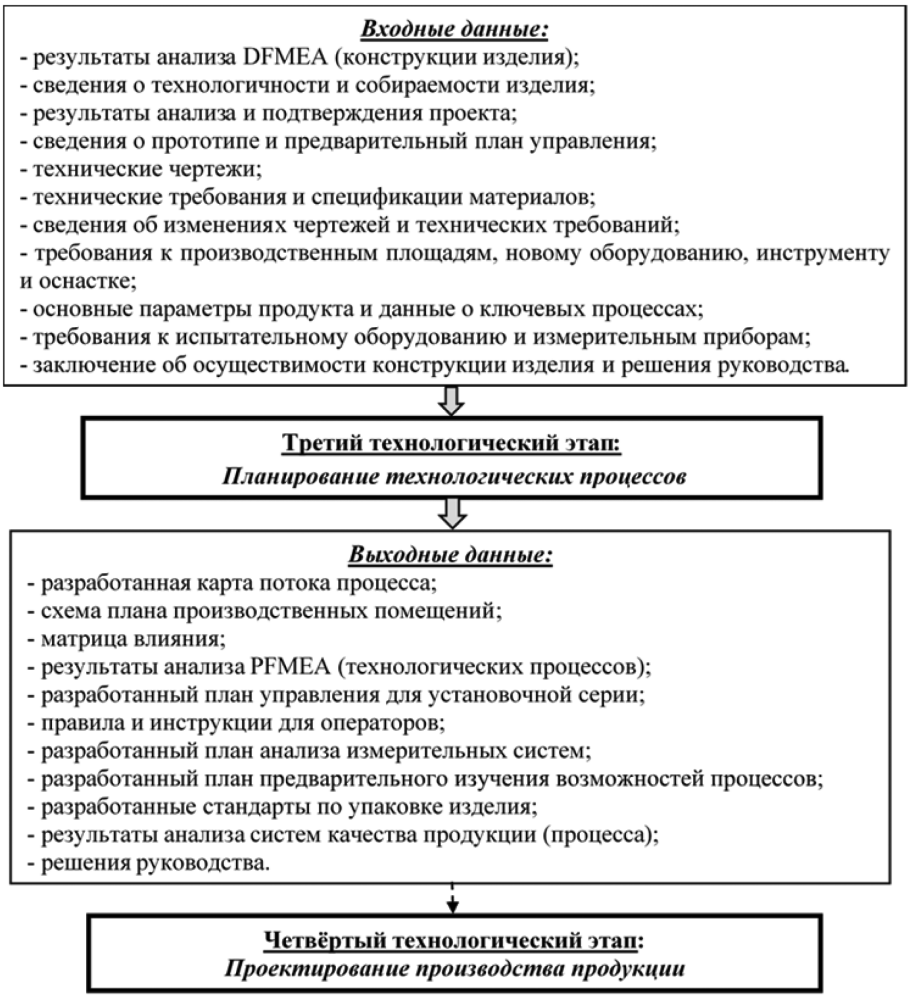


Рис. 2. Входы и выходы третьего технологического процесса

Выбор структуры технологического процесса определяется требованиями к конкретному объекту производства.

Рассматриваемый процесс может разрабатываться либо с привязкой к действующему производству, либо применительно к новому производству. В последнем случае технологи-проектировщики обладают большей свободой действий в принятии решений, направленных на выбор средств и построение технологического процесса.

Задачей разработки технологического процесса изготовления детали является определение для конкретных производственных условий наилучшего варианта преобразования заготовки или полуфабриката в готовый компонент изделия с учетом требуемого качества и минимальной его себестоимости.

При разработке технологического процесса изготовления детали используются чертежи детали, чертежи соответствующей сборочной единицы, данные о количестве предполагаемых к выпуску деталей, стандарты на полуфабрикаты (заготовки), сведения о типовых и групповых технологических процессах, технологических параметрах оборудования и инструментов, необходимая справочная литература, руководящие инструкции, нормативы и другие материалы.

В общем виде разработка технологического процесса изготовления отдельных компонентов проектируемого изделия (конкретной детали) должно предусматривать проведение следующих основных операций:

1. Уяснение назначения детали, технических требований, норм точности, требований по технологии сборки и анализ рабочих чертежей;
2. Установление производительности изготовления деталей по неизменяемым чертежам;
3. Выбор рациональных видов и организационных форм для будущего производственного процесса;
4. Анализ и подбор полуфабриката для изготовления детали;
5. При невозможности изготовления детали непосредственно из полуфабриката выбирается целесообразный технологический процесс получения заготовки;

6. Выбор способов трансформации заготовки в готовую деталь;
7. Разработка технологической документации на выбранный способ изготовления детали.

Разработка и оформление документации на спроектированный технологический процесс осуществляется в соответствии с требованиями Единой системы технологической документации.

В технологической документации должна быть отражена вся необходимая информация о структуре и последовательности реализации технологического процесса, применяемом оборудовании и инструментах, режимах обработки материалов, трудоемкости выполняемых операций, разрядах работ и их расценках.

Разработка технологического процесса сборки готового изделия является одним из ключевых этапов проектирования данного процесса.

В зависимости от сложности создаваемого изделия (деления его на сборочные единицы и детали) различают общую, узловую, подузловую и комплектную разновидности сборки.

К технологическому процессу сборки также относятся переходы, посредством которых обеспечивается проверка правильности функционирования сборочных единиц и деталей, их отделкой, очисткой, мойкой, окраской регулировкой и т.п.

В каждой сборочной единице необходимо определить базирующую деталь, которая определяет положение остальных компонентов этой сборочной единицы.

При определении сборочных работ необходимо выявить, какие работы целесообразно выполнять на предварительном этапе (вне общей и узловой сборки). К их числу, например, относится большинство работ по механической обработке деталей, выполняемой в сборочном цехе.

Такие работы, как выполнение соединений деталей и узлов, их пригонка, регулировка и проверка правильности соединений, составляют основное содержание узловой и общей сборки.

Для описания технологических процессов используются многочисленные формы технологической документации, обязательной для разработки, в том числе технологические, маршрутные и операционные карты.

Подробный перечень сборочных работ составляется в последовательности, предусмотренной схемой сборки, и с указанием временных затрат на их выполнение.

Наряду с разрабатываемым технологическим процессом формулируются технические задания на проектирование специального оборудования, штампов и приспособлений, измерительного и другого инструмента. В задании должно содержаться подробное описание служебного назначения проектируемого объекта.

Таким образом, для предприятия технологический процесс является основой производства продукции, так как на его базе формируется характеристика каждой рабочей единицы оборудования, вырабатываются особенности циклов взаимодействий рабочих цехов и др. При этом эффективно отлаженная схема технологического процесса существенно упрощает работу любого производства.

Выходы (выходные данные) планирования технологических процессов представлены на рис. 2.

Эффективным инструментом, с помощью которого предприятие — разработчик может предлагать свои продукты и услуги, полностью отвечающие пожеланиям его потребителей (заказчиков), является методика развёртывания функции качества (метод РФК или QFD).

Применение данного метода позволяет максимально учитывать требования потребителя на каждой стадии разработки и производства готовой продукции и, тем самым, повысить степень его удовлетворённости, существенно снизить затраты на процессы проектирования и подготовки будущей продукции к производству.

Следует подчеркнуть, что развёртывание функции качества является обеспечительным процессом по отношению к процессу проектирования и производства продукции.

Технологически процесс РФК условно разбивается на четыре взаимосвязанные фазы, основу которых составляют специальные таблицы, называемые матричными диаграммами особого вида, получившими в совокупности с другими элементами название «домов качества».

Посредством «наполнения» последовательно располагаемых «домов качества» технические параметры (спецификации) проектируемого продукта поэтапно трансформируются в технологические процессы его производства. При этом достигается требуемое качество и минимизация затрат, связанных с созданием (совершенствованием) продукции.

В каждом «доме качества» в матричной (табличной) форме формируется сконцентрированная информация, необходимая для последующего принятия управленческих решений о выборе первоочередных действий по улучшению качества создаваемого изделия, которое ожидает потребитель.

Таким образом, каждая фаза отражает специфические требования к разрабатываемой продукции. При этом в очередном «доме качества» производится оценка взаимосвязи между различными параметрами его составных элементов. И только самые важные характеристики трансформации продукта переходят на следующую фазу, в следующий «дом качества».

Взаимосвязь технологии QFD с процессом проектирования и производства нового или совершенствуемого продукта, а также его компонентов представлена на рис. 3 [6].

Третья фаза РФК получила название «Планирование технологических процессов». Её целью является перевод технических характеристик компонентов (деталей) продукции в параметры технологических процессов их производства.

Основной вопрос, на который необходимо дать чёткий ответ: «Как (каким образом) будут изготавливать ключевые компоненты проектируемого изделия?». При этом важное значение имеет синхронизация всех технологических процессов в пространстве и во времени, так как каждый из них имеет собственный цикл реализации и производительность.

Таким образом, построение третьего «дома качества» позволяет установить зависимость между требованиями, предъявляемыми к отдельным компонентам продукта, и требованиями, которые должны предъявляться к технологическим процессам его изготовления. На основе этого формируются чёткие критерии выполнения ключевых технологических процессов производства продукции.

Планирования технологических процессов возлагается на представителей производственных служб предприятия, отвечающего за производство продукции. К их числу могут относиться технологи, маркетологи, инженерный состав, специалисты-производственники и другие должностные лица, включёнными в состав проектной группы.

При построении третьего «дома качества» учитывается своя специфика заполнения матрицы, которая определяется сущностью и конкретным содержанием технологических процессов производимой продукции [2]:

1. При построении третьего «домика качества», важно ещё раз подчеркнуть, что его основу составляет матрица «требования к компонентам продукции — требования к процессам производства»;
2. Требования к компонентам продукции определяются (становятся известны) в результате построения второго «домика качества». Эти требования расположены в надстройке второго «дома»;



Рис. 3. Взаимосвязь РФК с процессом проектирования и производства продукции

3. Требования к процессам производства (характеристики технологических процессов) устанавливаются проектной группой. При этом целесообразно использовать стандарты Единой системы технологической документации, в которых в качестве основных определены следующие показатели технологических процессов: продолжительность цикла технологического процесса (операции); такт и ритм выпуска; временные нормативы; нормы выработки; технологическая себестоимость производства деталей по совокупности производимых операций и др.

При сравнении альтернатив технологических процессов для принятия решений по их целесообразному выбору, может использоваться система показателей, в которую входят, например, производительность, технологическая себестоимость, материалоёмкость и т.п.

4. В матрице взаимосвязей третьего «дома качества» количество технологических процессов (основных, вспомогательных и обслуживающих), необходимых для качественного изготовления продукции, зависит от её конструктивных особенностей, а количество характеристик (требований), отражающих особенности каждого технологического процесса, определяются командой специалистов-проектировщиков.

Общий вид матрицы взаимосвязей «технические характеристики компонентов продукции — характеристики технологических процессов (процессов производства)», располагаемой в центральной части третьего «дома качества», представлен в таблице 1.

Данная матрица взаимосвязей является весьма сложной конструкцией, состоящей из множества элементов, поэтому её заполнение требует повышенного внимания и больших усилий со стороны проектной группы, занимающейся различными аспектами структурирования функции качества.

После определения наиболее приемлемых вариантов планирования технологических процессов по производству продукта и с учетом тех его характеристик, которые уже были структурированы ранее, показатели этих процессов трансформируются в параметры существенных операций, являющихся выходными данными третьей фазы QFD.

Таким образом, в третьем «домике качества» обеспечивается возможность установления связи основных характеристик компонентов проектируемого продукта с ключевыми характеристиками производственных (технологических) процессов, что позволяет трансформировать характеристики спроектированной продукции в технологические операции, обеспечивающие получение продукции с запланированными свойствами [4].

Таблица 1.

Общий вид матрицы взаимосвязей «технические параметры компонентов продукции — характеристики технологических процессов»

Технические характеристики компонентов продукции	Характеристики технологических процессов (ТП)								
	Основных		Вспомогательных			Обслуживающих			
	ТП 1	ТП 2	ТП 3	ТП 4	ТП 5	ТП 6	ТП 7	ТП 8	
	Параметры								
	1.1	…	…	…	…	…	…	…	8.n
Компонент 1									
Параметр 1.1									
Параметр 1.2									
Компонент 2									
Параметр 2.1									
…									
Компонент n									
Параметр n.1									
Параметр n.2									

При планировании технологических процессов производства продукции важно разработать действенную систему их контроля и предусмотреть рациональные пути дальнейшей оптимизации процессов, исходя из возможной реакции рынка на реализуемую продукцию [7].

Поэтому реализация третьей фазы рассматриваемой методологии должна предполагать идентификацию ключевых операционных параметров и выбор рациональных методов их контроля. Исходя из этого, процессу серийного производства продукции должна предшествовать документальная разработка контрольных процедур качества выпускаемой продукции, а также процедур принятия своевременных мер по внесению необходимых изменений, которые могут повлиять на качество продукции в течение всего периода её выпуска и реализации на рынке.

Контрольные процедуры также должны предусматривать меры, направленные на предотвращение выпуска или поставки продукции, которая перестала соответствовать установленным требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов А.А., Лекарева Ю.С. Инновационная политика как инструмент повышения конкурентоспособности организации // Бизнес. Образование. Право. 2020. № 1 (50). С. 276–280.
2. Адлер Ю.П. Структурирование функций качества. Методы Тагути: Технология качества. Часть 3. Структурирование функций качества // Методы менеджмента качества. 2020. № 12. С. 38–43.
3. Вашуков Ю.А. Развертывание функции качества (QFD): Методические указания / Самарский государственный аэрокосмический университет Сост. Ю.А. Вашуков, А.Я. Дмитриев, Т.А. Митрошкина. — Самара, 2009. — 54 с.
4. Косых Д.А., Куприянов А.В. Структурирование функции качества: методические указания / Д.А. Косых, А.В. Куприянов. — Оренбург: ОГУ, 2018. — 44 с.
5. Организация производства. Часть 1: учебник для СПО / И. Н. Иванов [и др.]; под ред. И.Н. Иванова. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 404 с.
6. Попов А.А., Тихонов М.Р., Шикула О.С. К вопросу о целесообразности применения технологии QFD при проектировании и производстве продукции // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 5. С. 113–119.
7. Гузаирова А.Ф., Попов А.А. Общий менеджмент: учебное пособие. — Оренбург: ООО «Руссервис», 2012. — 477 с.

© Попов Александр Александрович; Тихонов Мартин Робертович (kurotenshi91@yandex.ru);
Шикула Ольга Сергеевна (oshik78@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.22

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ОНЛАЙН ПРОСМОТРА И РЕДАКТИРОВАНИЯ ДОКУМЕНТОВ

DESIGNING THE MODULE FOR ONLINE DOCUMENT VIEWING AND EDITING INTEGRATION

V. Popukaylo
M. Hadzhi

Summary: This article discusses the tools that will be used for designing a module for online document viewing and editing in a project management system. The relevance of the topic is justified, and existing tools that can solve the set task are examined. An overview of technologies used for implementation is provided, and the choice of tools is justified. The article describes the general structure of the integration module for an existing project management information system and explains the sequence of actions when events for viewing and editing a file are triggered in the client application. Structural diagrams illustrating the interaction between the client, server, and third-party applications are also presented. Overall, the article emphasizes the importance of using structured programming and algorithm decomposition for efficient software development.

Keywords: information systems, the development of an integration module, the WOPI protocol, online document viewing and editing, and Office Online.

Попукайло Владимир Сергеевич
кандидат технических наук, ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко», Молдова, Тирасполь
vsp.science@gmail.com
Хаджи Марк Сергеевич
аспирант, ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко», Молдова, Тирасполь

Аннотация: В данной статье рассматриваются инструменты, с помощью которых будет производится проектирование модуля интеграции онлайн просмотра и редактирования документов для системы управления проектами. Обоснована актуальность рассматриваемой темы, а также рассмотрены существующие инструменты, которые позволяют решить поставленную задачу, представлен обзор технологий, использующихся для реализации и обоснован выбор инструментов. Статья описывает общую структуру модуля интеграции для существующей информационной системы управления проектами и объясняет последовательность действий при вызове событий просмотра и редактирования файла в клиентском приложении. Также представлены структурные схемы, описывающие взаимодействие между клиентом, сервером и сторонними приложениями. В целом, статья подчеркивает важность использования структурного программирования и декомпозиции алгоритмов для эффективной разработки программного обеспечения.

Ключевые слова: информационные системы, разработка модуля интеграции, протокол WOPI, онлайн просмотр и редактирование документов, Office Online.

Введение

В наши дни, практически каждый человек сталкивается с необходимостью работы с документами. Документированная информация составляет основу управления, его эффективность в значительной степени базируется на производстве и потреблении информации. В современном обществе информация стала полноценным ресурсом производства, важным элементом социальной и политической жизни общества.

Говоря об электронном документе, необходимо понимать, что этот документ может проходить все стадии своего жизненного цикла или часть из них в электронно-цифровом формате.

С каждым годом скорость обмена данными в сети интернет, технические характеристики персональных компьютеров и мобильных телефонов возрастают, что позволяет взаимодействовать с документами посредством браузера, без использования дополнительного программного обеспечения.

На данный момент, некоторые веб-приложения предоставляют возможность встраивания в другие продукты. Данная возможность позволяет пользователям взаимодействовать с документами в рамках одной вкладки браузера.

В данной статье будет описано проектирование интеграционного модуля, который позволит пользователям системы управления проектами просматривать и редактировать документы пакета *Microsoft Office*.

Существует большое количество инструментов и способов взаимодействия с электронными документами, но в последние года, с ростом вычислительных способностей персональных компьютеров, телефонов и других гаджетов, а также с увеличением скорости в сети интернет, набирают популярность приложения, позволяющие взаимодействовать с документами стандартного пакета *MS Office* в браузере. Основным плюсом данных инструментов является то, что их использование не подразумевает установки специализированных программ для работы с документами.

Одними из первых в создании подобных веб-приложений была компания *Google*, которая анонсировала *Google Docs* в июне 2006 года. Данное программное обеспечение стало результатом слияния двух продук-

тов — *Writely* и *Google Spreadsheets*. *Writely* — это отдельный текстовый процессор, который был создан компанией *Upstartle*. *Google Docs* — это продукт, который позволял взаимодействовать с файлами формата *Word*, *HTML*, *PDF*, а также с фалами, содержащими простой текст. После тестирования ограниченным количеством пользователей, данный сервис стал доступен всем владельцам *Google Account*. В 2010 году, для файлов формата *PDF* была добавлена функция оптического распознавания символов.

Следующей после *Google* была компания *Microsoft*, анонсировавшая в 2008 году сервис *Office Web Apps*, который преподносился как облегчённая версия полноразмерных приложений *MS Word*, *Excel*, *PowerPoint* и *OneNote*. Данный продукт позволял создавать и редактировать документы, используя только браузер. Официально *Office Web Apps* был представлен в сентябре 2009 года, а финальная версия, доступная для всех пользователей, появилась в июне 2010 года. В конце 2013 года функционал данного продукта был расширен — появилась возможность совместного редактирования и автосохранения файлов *Word*. Данные инструменты значительно облегчили взаимодействие с документами для обычных пользователей.

Для того чтобы выполнить поставленную задачу, необходимо рассмотреть существующие веб-ориентированные программные продукты, которые позволяют работать с электронными документами, имеют открытый *API* (от англ. *Application Programming Interface* — программный интерфейс приложения) и хорошую документацию.

Google Docs Editors — программный продукт, разработанный компанией *Google*. Данный инструмент предоставляет возможность создания и редактирования текстовых документов, электронных таблиц, форм, рисунков и презентаций. При работе с файлами, все изменения сохраняются в облако, что практически исключает возможность потери данных. Рассматриваемое решение предоставляет возможность работы в автономном режиме. При восстановлении интернет-соединения, все изменения сохранятся в автоматическом режиме.

OnlyOffice — программный продукт с открытым исходным кодом, разработанный компанией *Ascensio System SIA*. Данное решение является модульным и включает в себя четыре офисных веб-приложения, которые позволяют работать с документами, презентациями, таблицами и формами, систему управления проектами, корпоративной социальной сети и почтового сервиса. Базовый пакет данного продукта является бесплатным как для личного, так и для корпоративного использования. Модуль, отвечающий за документы, представляет собой централизованную систему управления документацией и позволяет управлять доступом к файлам и подключением различных облачных хранилищ.

В отличие от большинства конкурентов, данный продукт написан на *JavaScript* с использованием элемента *Canvas*. Это позволило добиться абсолютно одинакового отображения документов во всех браузерах, не зависимо от операционной системы. Данный продукт может полноценно работать только с документами формата *docx*, *xlsx* и *pptx*. При работе с файлами других, поддерживаемых форматов, документы конвертируются в *docx*, *xlsx* или *pptx*.

Помимо веб-версии *OnlyOffice* имеет коробочную версию, которую можно развернуть в локальной сети.

Zoho Office Suite — офисный онлайн пакет, включающий в себя инструменты, позволяющие создавать и редактировать электронные документы, таблицы, базы данных и презентации. Данный инструмент поддерживает файлы форматов, используемых в *Microsoft Office*, *OpenOffice*, но ввиду того, что данное приложение использует собственные форматы, иногда возможна частичная потеря данных при открытии документа. *Zoho* предоставляет открытый и документированный *API*, для большей части инструментов. *MS Office Online* — аналог *Microsoft Office* для персональных компьютеров. Данный продукт позволяет создавать, редактировать документы, а также предоставлять к ним доступ другим пользователям. Также, данный инструмент позволяет осуществлять совместное редактирование документов двумя и более пользователями. Решение включает в себя веб-версии *Word*, *Excel*, *PowerPoint* и *OneNote*. Интерфейс и горячие клавиши облачный версии схожи с *desktop* приложением, но часть функционала недоступна.

Также, *Microsoft* предоставляет интерфейс прикладного программирования, который позволяет разработчикам других приложений интегрировать офисный пакет для удобства пользователей.

Одним из главных недостатков данного инструмента является то, что достаточно сложные документы могут выглядеть и распечатываться по-разному в разных браузерах.

Выбор методов и средств реализации

В ходе выполнения работы разрабатывается модуль, который будет встраиваться в существующий продукт. Для решения поставленной задачи была выбрана интегрированная среда разработки *IntellIJ IDEA* [1] (комплекс программных средств, использующийся для написания, исполнения и оптимизации кода) от компании *JetBrains*.

Для реализации модуля интеграции необходимо выбрать язык программирования. Учитывая, что данная

работа выполняется на базе существующей системы управления проектами, используемые в данном продукте языки программирования необходимо рассмотреть и сравнить между собой. Серверная часть состоит из двух проектов, один из которых написан на *PHP*, а другой на *Java*.

Java — строго типизированный, высокоуровневый, объектно-ориентированный язык программирования общего назначения [2]. Данный язык был разработан компанией *Sun Microsystems*, которая в последующем были приобретена компанией *Oracle*. Приложения, написанные на *Java*, обычно транслируются в байт код, что позволяет им работать на любой архитектуре, для которой существует реализация *JVM* (*Java Virtual Machine*). С середины 1990-х годов язык получил широкое распространение и стал активно использоваться для написания клиентских приложений.

Важной особенностью *Java* является система безопасности, которая контролируется виртуальной машиной. Такой подход позволяет предотвращать операции, которые не входят в список разрешённых операций.

К недостаткам концепции виртуальной машины относят снижение скорости исполнения байт-кода виртуальной машиной. Программы, написанные на *Java*, обычно медленнее, чем написанные на Си и занимают больше оперативной памяти. Однако, если сравнивать данный язык программирования с интерпретируемыми языками, то быстродействие *Java* обычно заметно выше.

Для серверной части веб-приложения, этот язык программирования обычно используется в крупных приложениях, заказчиками которых является крупный бизнес.

PHP — это высокоуровневый, интерпретируемый язык программирования со слабой динамической типизацией [3]. Интерпретируемым языком программирования называется язык, исходный код которого выполняется методом интерпретации (операторы программы транслируются и выполняются друг за другом). *PHP* является языком программирования общего назначения и сконструирован таким образом, чтобы в его код мог вставляться *HTML*.

Для того, чтобы не увеличивать количество языков программирования и технологий, решать поставленную задачу необходимо с помощью одного из используемых языков.

Учитывая данное сравнение, можно сделать вывод, что для решения поставленной задачи больше подходит язык программирования *Java*. Модуль, написанный на данном языке программирования будет быстрее, безопаснее и надёжнее.

Так как информация о возможных вариантах взаимодействия с *Office Online* хранится в *XML* документе, то необходимо рассмотреть, что такое *XML* и какие инструменты используются для работы с ним.

XML (от англ. *eXtensible Markup Language*) — расширяемый язык разметки — это язык программирования, предназначенный для создания логической структуры данных, хранения и передаче этих данных [4]. Данный язык является рекомендацией сообщества *W3C* [5] в качестве языка разметки общего назначения. Данный язык относится к категории неопределённых, то есть, теги должны быть определены пользователем.

Для того, чтобы работать с *XML* документом, необходимо выбрать готовую библиотеку на *Java*.

Современная версия языка программирования *Java* поставляется с четырьмя методами для работы с языком расширенной разметки:

DOM Parser/Builder — класс, подходящий для работы с небольшими документами. Основным достоинством и недостатком является то, что данный класс загружает весь *XML* документ в оперативную память. Данный парсер загружает весь файл в древовидную структуру и работает с ней как с *DOM* деревом.

Sax Parser — отличается от *DOM Pareser* тем, что не загружает полный *XML* в память, а проводит разбор документа построчно и вызывает различные события, соответствующие определённым сущностям и элементам. Этот анализатор рекомендуется использовать при работе с большими документами, при небольшом объёме оперативной памяти.

StAX Reader/Writer — инструмент, работающий с интерфейсом, ориентированным на потоки данных. Основным отличием от *SAX Parser* является то, что данный синтаксический анализатор предоставляет поддержку текущего положения курсора в документе, что позволяет извлекать содержимое, доступное для курсора, тогда как *SAX* выдает события по мере появления определенных данных.

JAXB — является новейшим инструмент для работы с *XML*-документами из представленных. Данный инструмент позволяет переводить сущности *XML*-документов в *Java* классы и наоборот. *JAXB* включает в себя класс *JAXBContext*, который предоставляет *API* для работы с документами.

Из рассмотренных решений был выбран *JAXB*, ввиду того, что этот инструмент имеет высокую производительность, хорошую документацию и позволяет легко переходить к работе с классами, что значительно ускорит процесс разработки.

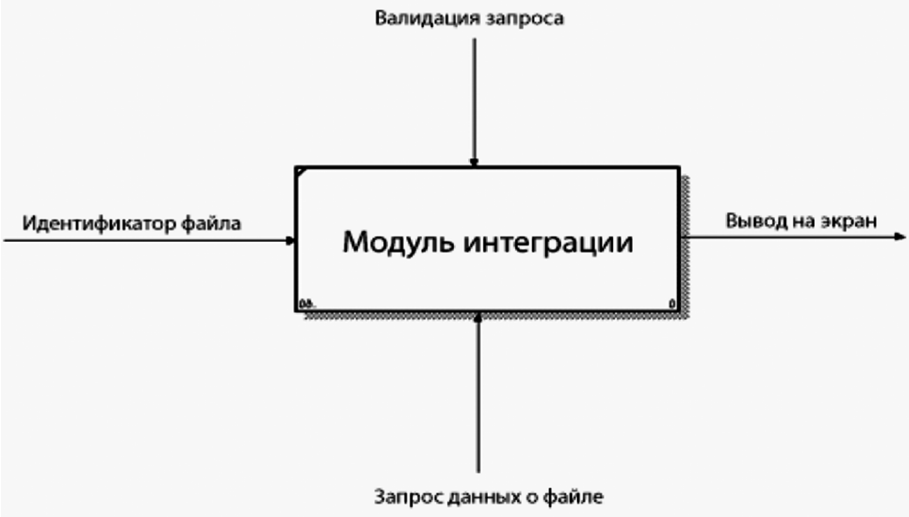


Рис. 1. Контекстная диаграмма верхнего уровня

Для сохранения копии *XML*-документа на *WOPI* [6] хосте, необходимо использовать базу данных. В системе управления проектами используется три базы данных, подходящих для решения данной задачи:

MySQL — реляционная система управления базами данных, которая распространяется на бесплатной основе. Данная СУБД обладает достаточно разнообразным набором инструментов, доступных для создания приложений.

Redis — резидентная система управления базами данных класса *NoSQL*. Данный продукт хранит данные в формате «ключ-значение» и ориентирован на максимальную производительность. По заявление разработчиков, *Redis* способен обрабатывать до ста тысяч запросов в секунду. В отличии от большинства нереляционных баз данных, этот продукт поддерживает большее количество типов данных.

MongoDB — это документоориентированная СУБД, которая не требует описания схемы таблиц. Считается одним из классических примеров *NoSQL*-систем. В основе данной системы управления базой данных лежит документ, являющийся простейшим типом данных в рассматриваемом продукте.

После рассмотрения используемых хранилищ, было принято решение использовать в качестве временного хранилища копии *XML*-документа нереляционную базу данных *Redis*. Данная СУБД достаточно быстро обрабатывает запросы и позволяет устанавливать *TTL* для ключа.

Основная задача, которая состоит перед разработчиком — это создание такого программного продукта, который помог бы пользователю выполнять требуемые задачи. Для реализации такого программного обеспечения вначале требуется определить и точно понять, каким образом функционирует данный продукт. При создании модели сначала необходимо изобразить самый высокий уровень — действие контекста.



Рис. 2. Блок-схема работы модуля интеграции

Контекстная диаграмма, отображенная на рисунке 1, изображает деятельность самого верхнего уровня и обозначает границу моделирования относительно цели, возможностей и точки зрения.

Блок-схема изображена на рисунке 2. Блок-схема алгоритма — графическое изображение алгоритма в виде связанных между собой с помощью стрелок (линий перехода) и блоков — графических символов, каждый из которых соответствует одному шагу алгоритма. Внутри блока дается описание соответствующего действия.

Блок-схемой называют графическое представление алгоритма, в котором он изображается в виде последовательности связанных между собой функциональных блоков, каждый из которых соответствует выполнению одного или нескольких действий.

Структурная схема — это такая схема, которая отражает состав и взаимодействие по управлению частей разрабатываемого программного приложения. Под элементарным звеном понимают подструктуру, которая реализует ту или иную простейшую, элементарную функцию.

Структурная схема программного продукта изображена на рисунке 3.

Разделение программы на мелкие фрагменты — структурная декомпозиция. При ней отдельные части программы (модули) представляют собой совокупность процедур для решения одной или нескольких задач.

Одна из основных особенностей структурного программирования заключается в том, что оно позволило создавать библиотеки подпрограмм (процедур), которые можно было бы использовать повторно в различных проектах или в рамках одного проекта, при этом не затрачивая времени на создание данного модуля снова.

Общая структура модуля интеграции представлена на рисунке 4.

Когда пользователь вызывает событие просмотра или редактирования файла, клиентское приложение отправляет запроса на сервер, результатом которого является формирование токена доступа к файлу и данные для *iframe*. Далее, клиент *WOPI* обращается к серверу и запрашивает необходимые данные (название, расширение, размер, имя текущего пользователя, его права и т.д.).

Следующий шаг — получение клиентом двоичного содержимого файла. Если в ответе на предыдущий запрос был предоставлен *URL*-адрес файла, то файл будет скачан с *AWS*. В противном случае, клиент *WOPI* отправит ещё один запрос, ответом на который будет контент файла.

Последний этап — отображение файла в браузере пользователя.

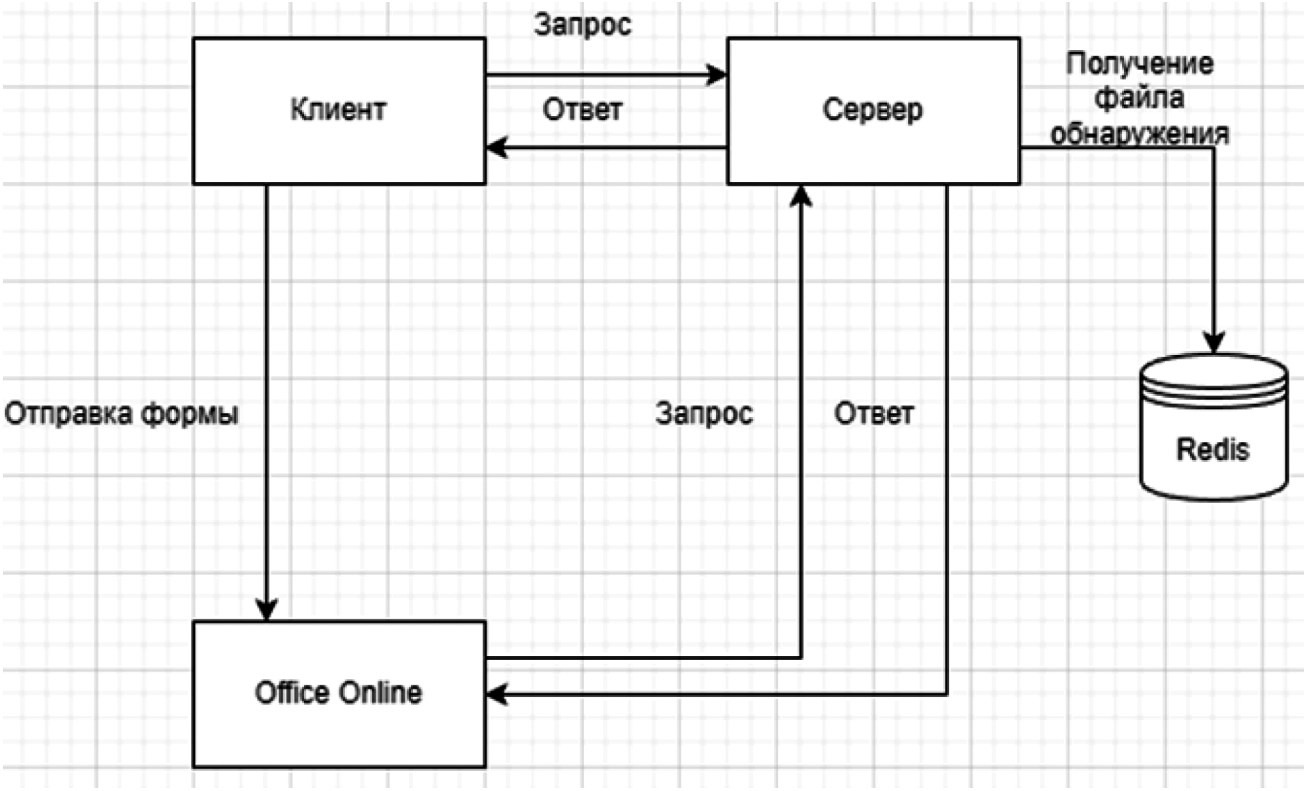


Рис. 3. Структурная схема программного продукта

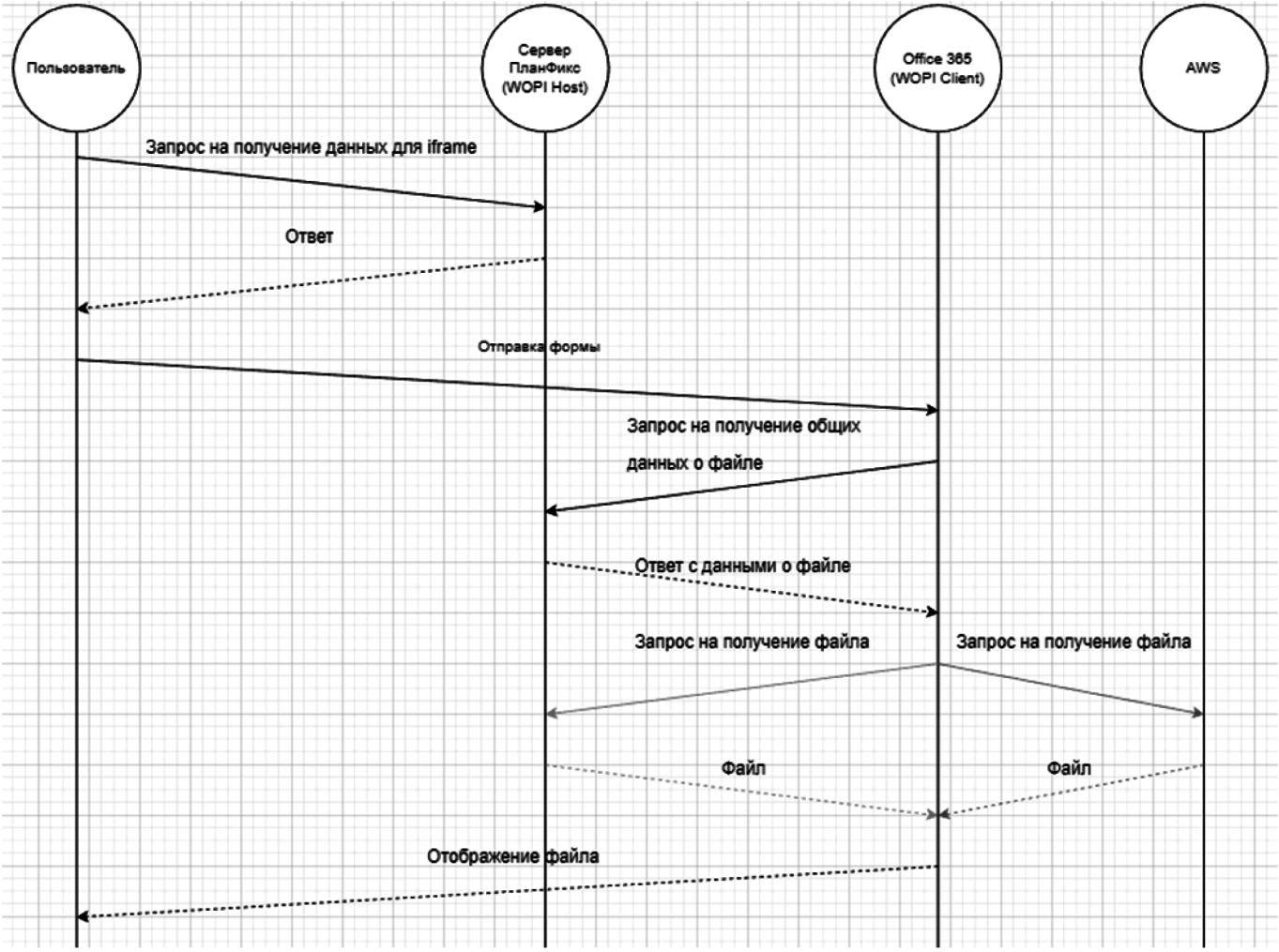


Рис. 4. Структурная схема модуля интеграции

Блок-схема работы разрабатываемого модуля с точки зрения пользователя системы управления проектами представлена на рисунке 5.

При открытии файла, браузер отправляет запрос на сервер за дополнительными данными. Если пользователь открывает файл на редактирование, то ему будет необходимо авторизоваться в *Microsoft Office* 365.

Следующий и последний этап — отображение файла у пользователя на экране. Блок схема, на которой изображена общая схема обработки запросов с клиентов *WOPI* изображена на рисунке 6.

При поступлении запроса от *Office Online*, необходимо совершить обнаружение *WOPI* и с использованием представленных ключей, верифицировать запрос. В случае, если проверки подлинности подписей завершается неудачей, необходимо вернуть ответ с кодом ошибки 500. Иначе, необходимо по заголовку запроса *X-WOPI-Override* определить тип вызываемой операции. Если данная операция не поддерживается, вернуть ответ с кодом ошибки 501, а в противном случае — сформировать и вернуть ответ с ожидаемым содержимым и заголовками.

В данной статье были рассмотрены инструменты, необходимые для разработки модуля интеграции онлайн просмотра и редактирования документов. Статья описывает общую структуру модуля интеграции и подробно объясняет последовательность действий при вызове событий просмотра и редактирования файлов в клиентском приложении. Кроме того, были представлены схемы, иллюстрирующие взаимодействие между клиентом, сервером и сторонними приложениями. В целом, подчеркивается важность использования структурного программирования и декомпозиции алгоритмов для эффективной разработки программного обеспечения. Полученные результаты могут быть полезны для разработчиков, занимающихся созданием интегрированных систем онлайн просмотра и редактирования документов, и способствуют более эффективному проектированию и разработке таких модулей.

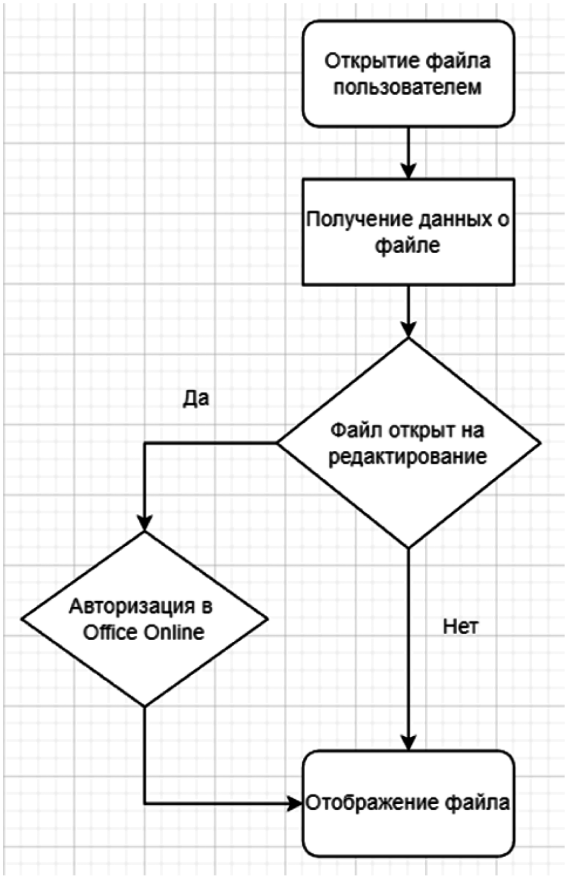


Рис. 5. Блок-схема, отображающая работ модуля глазами пользователя

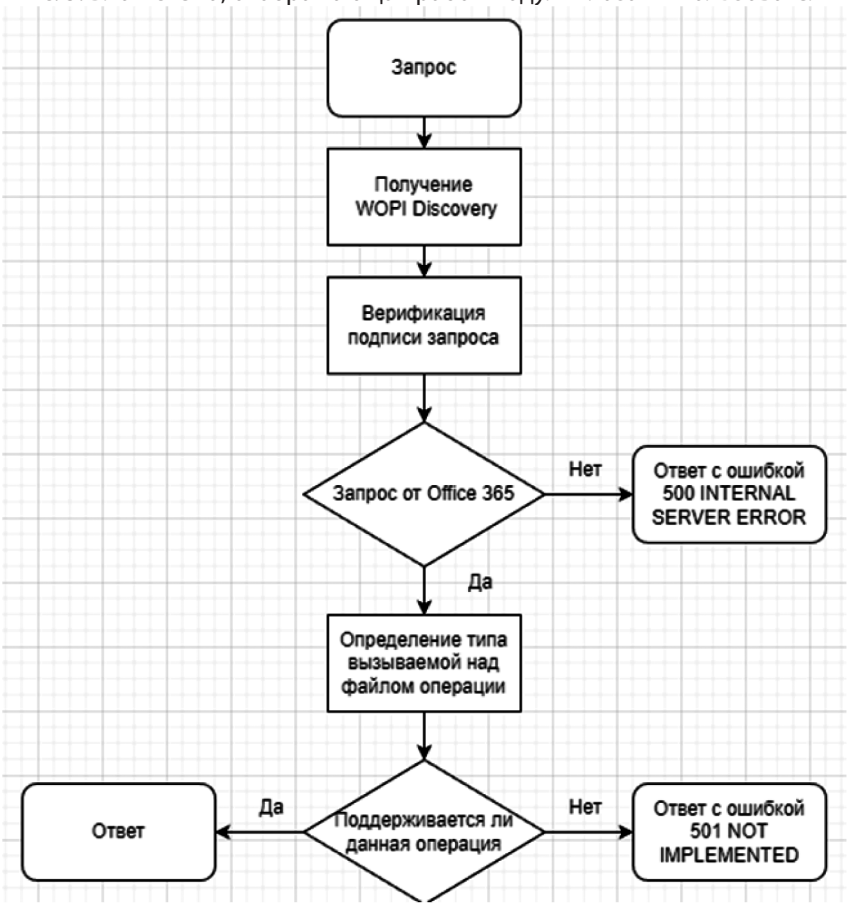


Рис. 6. Блок-схема обработки запросов сервером

ЛИТЕРАТУРА

1. Программный продукт IntelliJ IDEA -Фаэлла М. Стильный Java. Код, который работает всегда и везде. СПб.: Питер, 2021. — 352 с.
2. Джош Л. Современный PHP. Новые возможности и передовой опыт. М.: ДМК-Пресс, 2016. — 304 с.
3. Хантер Д., Фаусетт Д., Рафтер Д. XML. Базовый курс. К.: Диалектика, 2018. — 1344 с.
4. W3C — консорциум всемирной паутины. Режим доступа: https://www.w3.org/ (дата обращения 17.06.2023)
5. Документация по файлу обнаружения WOPI. Режим доступа: https://docs.microsoft.com/en-us/microsoft-365/cloud-storage-partner-program/online/discovery (дата обращения 17.06.2023)

© Попукайло Владимир Сергеевич (vsp.science@gmail.com); Хаджи Марк Сергеевич
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.23

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОПЕРАЦИОННОЙ БАНКОВСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ ОСНОВНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Потапенко Алексей Владимирович
Аспирант, Автономная некоммерческая организация высшего образования «Российский Новый Университет» (РОСНОУ)
P-VEA@yandex.ru

Аннотация. В то время как мировая экономика продолжает развиваться в технологическом отношении, банковская индустрия проявляет особый интерес к цифровой сфере. К 2022 году почти 70 % банковских транзакций совершались с помощью электронных средств — это значительный рост по сравнению с двумя годами ранее. Однако этот сдвиг также привел к росту рисков кибербезопасности. В этой статье мы углубимся в стратегии и тактики обеспечения информационной безопасности в банковском секторе, а также предоставим практические рекомендации по решению важных задач.

Для поддержания доверия клиентов и успешных банковских операций требуется надежная защита данных, поэтому информационная безопасность является приоритетом. С ростом числа киберугроз и быстрым технологическим прогрессом банки должны уделять первоочередное внимание этому важному условию.

Повышение эффективности информационной безопасности в операционном банкинге может быть достигнуто путем анализа подходов, методов и практических рекомендаций. В данной статье оцениваются эти факторы и представлены предложения по повышению уровня защиты в банковском секторе путем выявления возможных уязвимостей. Сложность задачи безопасности адекватно оценивается результатами этого исследования.

В этой статье мы представляем набор практик информационной безопасности, которые обеспечивают сохранность данных, используемых банками. К ним относятся обеспечение контроля доступа, мониторинг и обнаружение угроз, обучение персонала, соблюдение нормативных требований, резервное копирование и восстановление данных, многофакторная аутентификация и шифрование данных. При совместном использовании эти меры лучше всего работают для повышения уровня безопасности операций банка и обеспечения высочайшего уровня защиты информации.

Ключевые слова: информационная безопасность, банковская деятельность, цифровые технологии, угрозы безопасности, методы обеспечения безопасности, практические рекомендации.

INFORMATION SECURITY OF OPERATIONAL BANKING: APPROACHES, METHODS AND PRACTICAL RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF SOLVING THE MAIN FUNCTIONAL TASKS

A. Potapenko

Summary: While the global economy continues to develop technologically, the banking industry is showing particular interest in the digital sphere. By 2022, almost 70% of banking transactions were carried out using electronic means — this is a significant increase compared to two years earlier. However, this shift has also led to increased cybersecurity risks. In this article, we will delve into the strategies and tactics of ensuring information security in the banking sector, as well as provide practical recommendations for solving important tasks.

Reliable data protection is required to maintain customer trust and successful banking operations, therefore information security is a priority. With the growing number of cyber threats and rapid technological progress, banks should give priority attention to this important condition. Improving the effectiveness of information security in operational banking can be achieved by analyzing approaches, methods and practical recommendations. This article evaluates these factors and presents proposals to increase the level of protection in the banking sector by identifying possible vulnerabilities. The complexity of the security task is adequately assessed by the results of this study.

In this article, we present a set of information security practices that ensure the safety of data used by banks. These include access control, threat monitoring and detection, staff training, regulatory compliance, data backup and recovery, multi-factor authentication and data encryption. When used together, these measures work best to increase the level of security of the bank's operations and ensure the highest level of information protection.

Keywords: information security, banking, digital technologies, security threats, security methods, practical recommendations.

По данным Всемирного банка, по состоянию на 2022 год цифровые атаки были в основном нацелены на банковский сектор, составляя 37 % всех атак в мире. Если разбить его дальше, 64 % этих атак были попытками фишинга, в то время как на вредоносное ПО приходилось 21 %, а на DDoS-атаки — 15 %. Данные подчеркивают необходимость внедрения надежных протоколов защиты. [1]

Шифрование данных, использование облачных технологий и внедрение искусственного интеллекта — все

это технические методы обеспечения безопасности. Отчет IBM, опубликованный в 2023 году, показал, что 78 % банков шифруют данные своих транзакций, что снижает вероятность утечки информации на 60 %. Облачные технологии также популярны в 55 % банков, снизив вероятность системных сбоев на 45 %. Кроме того, банки, которые используют алгоритмы искусственного интеллекта для обнаружения аномалий, продемонстрировали улучшение идентификации угроз на 30 %, что составляет 47 % опрошенных организаций [3].

По данным PWC 2023, 90 % банков имеют в штате отдел информационной безопасности, что позволяет сократить время реагирования на инциденты на 35 %. Целых 80 % банков проводят обучение по вопросам безопасности для своего персонала, что приводит к заметному снижению внутренних угроз на 20 % [2, с. 70]. Специализированные подразделения безопасности и обучение безопасности являются популярными методами, используемыми организациями.

Безопасность данных в Европейском союзе повысилась на 25 % благодаря Регламенту цифровых операционных рисков (DORA) — правовому механизму, устанавливающему обязательные стандарты для банковской отрасли. Этот регламент, принятый ЕС в 2021 году, имеет большое значение.

В сфере информационной безопасности искусственный интеллект постепенно становится незаменимым активом. Недавнее исследование Gartner, проведенное в 2023 году, показало, что включение сред на основе ИИ может повысить эффективность обнаружения угроз на целых 40 %. Поэтому уместно подчеркнуть способность машинного обучения в реальном времени обнаруживать ненормальное поведение, а также принимать тактичные оперативные решения.

Использование многофакторной аутентификации может значительно снизить риск несанкционированного доступа. По данным Verizon, при использовании этого подхода вероятность взлома аккаунта может снизиться на 80 %. Хотя эта мера безопасности может усложнить процесс входа в систему, в долгосрочной перспективе она может повысить доверие к финансовым учреждениям.

С учетом отчетов Forrester Research выяснилось, что около 30 % всех атак имеют целью уничтожение или повреждение данных. По этой причине создание надежных систем восстановления данных и частое резервное копирование информации гарантируют бесперебойную работу банковских операций даже во время непредвиденных событий, таких как 9–11 сентября.

Для устранения найденных уязвимостей и защиты от атак необходимо своевременное обновление программного обеспечения. По данным Symantec, для использования 60 % всех уязвимостей, на которые нацелены злоумышленники, используется устаревшее программное обеспечение. Поэтому очень важно быть в курсе обновлений.

Чтобы поддерживать доверие и одобрение властей и клиентов, банки должны уделять первоочередное внимание прозрачности в своих усилиях по обеспечению информационной безопасности. Это включает в себя распространение информации об инцидентах, принятых мерах и достигнутых результатах, что не только вызывает благоприятное общественное мнение, но и удовлетворяет нормативным требованиям.

В банковской информационной безопасности можно применять следующие формулы для сложных задач.

1. Индекс риска (*IR*), который позволяет количественно оценить уровень риска, связанного с конкретной угрозой:

$$IR = \text{Р(У)} \times \text{С(У)},$$

где Р(У) — вероятность реализации угрозы, а С(У) — потенциальный ущерб от реализации угрозы.

2. Уровень безопасности системы (*LS*), определяющийся совокупностью применяемых мер безопасности:

$$LS = \Sigma Wi \times Mi,$$

где *Wi* — весовой коэффициент меры безопасности *i*, *Mi* — степень эффективности меры безопасности *i*. Весовые коэффициенты и степени эффективности могут быть определены на основе экспертных оценок или статистических данных.

3. Ожидаемые потери (*EL*), которые позволяют оценить возможный ущерб от реализации угрозы, учитывая применяемые меры безопасности:

$$EL = IR \times (1 - LS),$$

где *IR* — индекс риска, *LS* — уровень безопасности системы.

4. Коэффициент эффективности мер безопасности (КЕ), который позволяет оценить, насколько эффективно применяемые меры снижают уровень риска:

$$KE = 1 - \left(\frac{EL}{C(\text{У})} \right),$$

где *EL* — ожидаемые потери, *С*(У) — потенциальный ущерб от реализации угрозы.

Для более глубокого и точного анализа рисков в области информационной безопасности можно использовать следующие формулы:

5. Формула Байеса для расчета условной вероятности:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)},$$

где $P(A|B)$ — вероятность события A при условии, что произошло событие B. Эта формула позволяет оценить вероятность риска при наличии определенных предварительных условий.

6. Мера Жаккара для оценки схожести между двумя наборами данных:

$$J(A,B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|},$$

где A и B — два набора данных. В контексте информационной безопасности это может использоваться для сравнения шаблонов атак или профилей поведения пользователей.

7. Энтропийный коэффициент для оценки неопределенности системы:

$$H(X) = -\Sigma P(x_i) \times \log 2(P(x_i)),$$

где X — случайная величина, $P(x_i)$ — вероятность появления конкретного значения x_i. Эта формула помогает определить уровень хаоса в данных и может быть использована для обнаружения аномалий.

8. Формула Парето для определения важности различных угроз:

$$Y = ax^k,$$

где a и k — параметры, Y — общий уровень риска, x — уровень конкретной угрозы. Эта формула помогает определить наиболее важные угрозы, на которые следует сфокусироваться.

9. Метод наименьших квадратов для оценки эффективности мер безопасности:

$$Y = aX + b,$$

где Y — наблюдаемый уровень риска, X — применяемые меры безопасности, a и b — параметры, определяемые с помощью метода наименьших квадратов.

Для разработки сложных моделей оценки риска и эффективности мер безопасности можно использовать целый ряд имеющихся формул и методов. Тем не менее, имейте в виду, что их использование требует достаточного количества первоклассных данных и определенного набора навыков в области вероятностей и статистики.

С использованием агентов разработана экспертная система, предназначенная для анализа информационной безопасности в банке.

Уровень информационной безопасности банка анализируется и оценивается экспертной системой, которая также выявляет потенциальные угрозы и предлагает подходящие меры безопасности. Его предполагаемое использование состоит в том, чтобы оптимизировать безопасность банковской информации.

В экспертной системе агенты разнообразны и многочисленны.

Включая журналы событий, уровень доступа, данные безопасности и многое другое, агент сбора данных отвечает за сбор и объединение данных, связанных с системой безопасности банка.

Выявляя потенциальные риски и угрозы, агент анализа изучает собранные данные, проверяя их на соответствие мерам безопасности и законодательству.

Повышение информационной безопасности рекомендуется за счет использования конкретных мер и практических рекомендаций. Это основано на результатах анализа, проведенного рекомендательным агентом.

Предлагаемые меры безопасности находятся под бдительным наблюдением агента мониторинга, который проводит периодические проверки и быстро предупреждает о любых потенциальных нарушениях безопасности, которые могут возникнуть.

Следующая информация будет включена в таблицу данных, используемую экспертной системой: 3.

Данные, относящиеся как к клиентам, так и к сотрудникам, которые связаны с их личностью.

Включая авторизацию, транзакции, ошибки доступа и многое другое — журналы событий являются жизненно важным инструментом для любой системы.

— Системы безопасности и данные сетевой инфраструктуры.

— Аудиты и проверки безопасности дали результаты.

Стандарты безопасности и правовые требования имеют решающее значение для обеспечения того, что-

Таблица 1.

Экспертная система для анализа информационной безопасности в банке

Идентификационные данные	Журналы событий	Данные о сетевой инфраструктуре	Результаты проверок безопасности	Законодательные требования
Клиенты	Авторизация	Конфигурация маршрутизаторов	Проверка наличия уязвимостей	Регуляторные требования
Сотрудники	Транзакции	Брандмауэры	Анализ доступа	Промышленные стандарты
Системы	Ошибки доступа	Виртуальные частные сети	Аудит безопасности	Конфиденциальность данных
Аутентификация	Инциденты безопасности	Серверы	Оценка соответствия стандартам	Архивное хранение данных

бы предприятия поддерживали безопасную и соответствующую требованиям среду как для сотрудников, так и для клиентов. Необходимо уделять особое внимание соблюдению правил пожарной безопасности, защиты от несчастных случаев на рабочем месте и санитарных протоколов. Важно регулярно пересматривать руководства и внедрять необходимые обновления для поддержания надлежащего соответствия. Несоблюдение этих стандартов может привести к крупным штрафам и негативным последствиям для репутации компании. Прежде всего, уделение первоочередного внимания безопасности и соответствию требованиям не только защищает тех, кто непосредственно вовлечен, но и укрепляет доверие и доверие клиентов и общества.

Задачи экспертной системы можно свести к следующему: анализ входных данных, формирование выводов и предоставление рекомендаций. Это узкоспециализированное программное обеспечение способно выполнять сложные расчеты и моделирование с помощью усовершенствованного алгоритма. Его дизайн позволяет использовать уникальный взгляд на решение проблем, используя рассуждения, основанные на знаниях, для подхода к ситуации. Кроме того, он способен обучаться и адаптироваться к каждой новой части данных, что делает его идеальным инструментом для принятия решений в таких областях, как здравоохранение, финансы и инженерия. В целом возможности экспертной системы делают ее бесценным ресурсом для тех, кто ищет точные и эффективные решения.

Внутри банка агент по сбору данных время от времени получает журналы событий и информацию о системе безопасности для сбора соответствующих данных.

Используя свой опыт и знания в области информационной безопасности, агент анализа просеивает данные, чтобы выявить любые потенциальные угрозы [14, с. 120]. Они оценивают вероятность и потенциальный ущерб от этих угроз и обеспечивают их соответствие существующим мерам безопасности и законодательству.

Выявленные уязвимости и потенциальные угрозы анализируются рекомендательным агентом, который затем предлагает конкретные меры безопасности для их устранения.

Агент мониторинга проводит регулярные проверки, чтобы наблюдать за выполнением предлагаемых мер безопасности и обнаруживать потенциальные нарушения безопасности. Уведомление о любых таких нарушениях безопасности также отправляется агентом мониторинга.

Несанкционированный доступ к системе банка был обнаружен экспертной системой. Для обнаружения угроз финансовым данным клиента и выявления уязвимостей в системе авторизации Агент анализа проводит тщательный анализ. Затем агент рекомендаций рекомендует действия для безопасной авторизации с помощью многофакторной аутентификации и обучает сотрудников правилам безопасности. После этого агент мониторинга отслеживает выполнение рекомендованных мер и проверяет безопасность, а также отмечает потенциальные риски [6, с. 97].

Тщательный подход банка к безопасности с использованием агентов экспертных систем для анализа и защиты информации включает в себя сбор данных, мониторинг и меры безопасности для эффективного устранения потенциальных угроз и защиты активов учреждения и клиентов.

Идентификаторы клиентов и сотрудников, информация журнала событий, данные сетевой инфраструктуры, результаты аудита безопасности и соответствие требованиям законодательства представлены в таблице. Категории собранных данных отображаются по их содержанию [5, с. 16].

Определенные элементы или подкатегории данных в каждой категории представляют собой строки, а каждый столбец соответствует категории данных. Используя эти данные, агенты экспертной системы проводят анализ, предлагают меры безопасности и оценивают риски.

Таблица 2.
Весовые коэффициенты для каждого агента в экспертной системе по анализу информационной безопасности в банке

Агенты	Весовой коэффициент
Агент сбора данных	0,2
Агент анализа	0,4
Агент рекомендаций	0,3
Агент мониторинга	0,1

Весовой коэффициент в таблице указывает влияние каждого агента в процессе анализа информационной безопасности и указан рядом с их именами. Агент с более высоким весовым коэффициентом считается более значимым при принятии решений и рекомендации решений [10]. Эти веса отображают значимость вклада каждого агента в процесс анализа.

Наивысший весовой коэффициент принадлежит агенту анализа, что указывает на его решающую обязанность по обнаружению рисков и опасностей. Агент рекомендации имеет вес 0,3, что указывает на его важность в предложении защитных мер для сдерживания болезней. С другой стороны, агент сбора данных имеет меньший вес 0,2, в то время как наименьший вес принадлежит агенту мониторинга, который составляет всего 0,1.

Для эффективного управления и балансировки вклада каждого члена команды полезный инструмент — веса. Будь то консультации с экспертами или анализ данных, эти веса должны отражать потребности организации [12, с. 54].

Важнейшее значение в банковских операциях имеет обеспечение безопасности информации, что включает в себя защиту конфиденциальности, целостности и доступности данных. Для достижения этой цели используются различные методы усиления защиты банковских систем и активов данных.

Во время передачи и хранения алгоритмы AES (Advanced Encryption Standard) являются надежным способом защиты данных. Шифрование — это метод, используемый для преобразования информации в нечитаемый формат, что делает ее конфиденциальной и недоступной для несанкционированных сторон [8, с. 90]. Это один из основных способов выполнения этой задачи.

Значительно повышая меры безопасности, многофакторная аутентификация требует дополнительных мер проверки помимо знания традиционного пароля. С включением биометрических данных или одноразовых кодов доступ к банковским системам становится намного сложнее для неавторизованных пользователей [11, с. 51].

Выявление подозрительного поведения и мониторинг угроз имеет большое значение. Это требует постоянного наблюдения за системами, которое предупреждает людей о злонамеренных действиях. Использование системы информационной безопасности с интеллектуальными алгоритмами или системы обнаружения вторжений (IDS) может обеспечить быстрое реагирование на возможные угрозы и принятие эффективных мер.

Обеспечение информационной безопасности требует образования и обучения персонала, что является важным аспектом процесса [9, с. 29]. Повысить осведомленность о потенциальных угрозах и внедрить передовые методы обеспечения безопасности данных можно путем регулярного обучения сотрудников безопасности. Некоторые из навыков, которые необходимо приобрести, включают использование сложных паролей, осторожность при открытии вложений электронной почты и изучение основ фишинга.

В операционном банкинге контроль доступа является важным методом обеспечения безопасности. Ваши системы контроля доступа позволяют определять и контролировать права на данные и определенные ресурсы. Только авторизуя сотрудников, можно ограничить доступ, эффективно снижая риск нежелательного входа [13].

Эффективные системы восстановления и регулярное резервное копирование данных являются важнейшими методами обеспечения доступности и целостности данных, сводя к минимуму риск потери данных или злонамеренных атак. Крайне важно хранить данные резервного копирования на разных серверах или в облачных службах, чтобы обеспечить защиту.

Стандарты безопасности играют важную роль в поддержании информационной безопасности в операционных банковских операциях, и соблюдение нормативных требований является важным аспектом [15, с. 154]. Доверие как со стороны клиентов, так и со стороны регулирующих органов можно завоевать за счет соблюдения таких стандартов, как ISO 27001 или PCI DSS, которые обеспечивают соблюдение правил и норм безопасности.

Данная статья посвящена информационной безопасности операционной банковской системы, в которой представлены различные подходы, методы и практические рекомендации. Не секрет, что хакеров по-прежнему привлекает банковский сектор, поэтому принятие превентивных мер имеет решающее значение. Поэтому важно постоянно развивать меры безопасности.

Исследование выявило набор основных факторов, влияющих на эффективную информационную безопасность [7, с. 50]. Использование технических стратегий, таких как шифрование данных, внедрение облачных технологий и интеграция возможностей искусственного интеллекта, может помочь снизить вероятность успешных кибератак и выявить подозрительные действия в системе. На организационном фронте создание специальных подразделений безопасности и регулярное обучение сотрудников могут снизить риск внутренних угроз. Кроме того, соблюдение правовых стандартов и положений, гарантирующих законность и надежность операций банка, имеет решающее значение.

Проведение тщательного анализа информационной безопасности в банке оказалось эффективной тактикой при использовании экспертной системы с агентами [4, с. 100]. Набор доступных агентов, включающий сбор данных, мониторинг, анализ и рекомендации, позволяет проводить квалифицированную проверку, выявлять слабые места и риски, а также рекомендовать индивидуальные меры безопасности для оптимальной защиты учреждения.

Разработка и обновление подходов и методов имеет решающее значение для информационной безопасности в банковской сфере. Банки должны проявлять бдительность в связи с меняющимся характером угроз и развитием технологий. Применение соответствующих защитных мер и анализ новых угроз — это то, что нужно делать постоянно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазова М.А. Информационная безопасность банков: виды мошенничества и методы борьбы с ним // Скиф. 2020. № 7 (47).
2. Аносов Р.С., Аносов С.С., Шахалов И.Ю. Формализованная риск-ориентированная модель системы информационных технологий // Вопросы кибербезопасности. 2020. № 5. С. 69–76. DOI: 10.21681/2311-3456-2020-05-69-76.
3. Гассеева В.И. Экономическая безопасность банковской системы России // Индустриальная экономика. 2020. № 3.
4. Занина Т.М. Зарубежный опыт организации профилактической работы в отношении несовершеннолетних правонарушителей / Т.М. Занина, М.В. Бутова // Общество и право. 2019. № 2(68). С. 97–101.
5. Капинус О.С. Правовые проблемы предупреждения конфликта интересов в системе государственного управления // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. 2018. № 3. С. 15–19. DOI: 10.12737/art.2018.3.3.
6. Карцева К.Г., Каткова В.А., Тупикова В.А. Конфликт интересов на государственной службе как социальный конфликт // Актуальные исследования. 2019. № 3. С. 94–97.
7. Кубарев А.В., Лапсарь А.П., Асютиков А.А. Синтез модели объекта критической информационной инфраструктуры для безопасного функционирования технической системы в условиях деструктивного информационного воздействия // Вопросы кибербезопасности. 2020. № 6. С. 48–56. DOI: 10.681/2311-3456-2020-06-48-56.
8. Лихолетов В.В., Пестунов М.А. Псевдоинновации и конфликты интересов в инновационной сфере современной России как угроза национальной безопасности // Управление в современных системах. 2020. N 4(28). С. 89–99. DOI: 10.24411/2311-13132020-10016.
9. Михайлов В.И. Конфликт интересов: вопросы этики и совершенствования законодательного оформления // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. 2018. № 3. С. 26–31. DOI: 10.12737/ art.2018.3.5.
10. Ниязова И.М. Конфликты интересов как составляющая часть конфликтогенности в организации // Human progress. 2020. № 1. С. 6. DOI: 10.34709/IM.161.6.
11. Паулов П.А., Утепкалиева К.Х. Меры по борьбе с проявлением коррупции сквозь призму конфликта интересов // Юридическая наука. 2020. № 5. С. 51–53.
12. Полтавцева М.А. Модель активного мониторинга как основа управления безопасностью промышленных киберфизических систем // Вопросы кибербезопасности. 2021. № 2. С. 51–60. DOI: 10.21681/2311-3456-2021-2-51-60.
13. Хабриева Т.Я. Конфликт интересов: природа, предупреждение, социальное регулирование // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. 2018. № 3. С. 5–12. DOI: 10.12737/art.2018.3.1.
14. Чертов В.А., Сигарев С.И. Анализ организационно-управленческой структуры трудового коллектива в интересах выявления причин возникновения внутрифирменных конфликтов // Вестник российского нового университета. Серия: сложные системы: модели, анализ и управление. 2020. № 2. С. 114–121. DOI: 10.25586/ RNºU.V9187.20.02.P.114.
15. Шумкин Е.М. Управленческая деятельность актора, как потенциал конфликта интересов: конвергентный подход // Вестник пермского университета. Философия. Психология. Социология. 2020. № 1. С. 152–161. DOI: 10.17072/2078-7898/2020-1-152-161.

© Потапенко Алексей Владимирович (P-VEA@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.24

РАЗРАБОТКА АНАЛИЗАТОРА НАДЕЖНОСТИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕТЕВЫХ АТАК

DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION SECURITY ANALYZER BASED ON NETWORK ATTACK MODELING

A. Rusakov
V. Filatov
S. Dolzhenkov
D. Golubev
D. Saraev
A. Shakhidzhanyan

Summary: The article discusses the basics of web application security, including the different types of attacks that can be performed on web applications. It defines a model of current threats to web applications, highlighting the causes of vulnerabilities. Described the types of attacks such as: injection attacks and authentication and access control vulnerabilities. Reviewed and described the methods of vulnerabilities detection, implemented in the developed solution using special tools. Considered the unique approach to detection and identification of vulnerabilities of the developed security analyzer. Also, the technical aspects of the application are covered, with details of the backend and frontend. The key modules and functions that make the web-application security analyzer operational are described.

Keywords: web application security analysis, vulnerability detection, web-application security threat model, web application security analyzer development.

Русаков Алексей Михайлович
старший преподаватель, МИРЭА — Российский технологический университет
rusal@bk.ru
Филатов Вячеслав Валерьевич
доцент, МИРЭА — Российский технологический университет
filv@mail.ru
Долженков Сергей Сергеевич
ассистент, МИРЭА — Российский технологический университет
dolzhenkov@mirea.ru
Голубев Данил Дмитриевич
МИРЭА — Российский технологический университет
zelenstaff@gmail.com
Сараев Даниил Андреевич
МИРЭА — Российский технологический университет
Den4k543@gmail.com
Шагиджанян Андре Альбертович
МИРЭА — Российский технологический университет
andreshah1@yandex.ru

Аннотация: В статье рассмотрены основы безопасности веб-приложений, включая различные типы атак, которые могут быть совершены на веб-приложения. Определена модель актуальных угроз веб-приложений, в которой выделены причины возникновения уязвимостей. Описаны такие типы атак, как: инъекционные атаки и уязвимости аутентификации и контроля доступа. Рассмотрены и описаны методы обнаружения уязвимостей, реализованные в разрабатываемом решении с использованием специальных инструментов. Рассмотрен уникальный подход к обнаружению и определению уязвимостей разрабатываемого анализатора безопасности. Также, рассмотрены технические аспекты приложения, с деталями бэкенда и фронтенда. Описаны ключевые модули и функции, обеспечивающие работу анализатора безопасности веб-приложений.

Ключевые слова: анализ безопасности веб-приложений, выявление уязвимостей, модель угроз безопасности веб-приложений, разработка анализатора безопасности веб-приложений.

Введение

Разработка веб-приложений включает в себя все больше различных методов и средств построения приложения. Тем не менее, безопасность веб-приложений часто упускается из виду. Из-за разработки приложения на скорую руку и/или плохо написанного кода большинство доступных веб-приложений являются уязвимыми и желанной мишенью для злоумышленников.

Уязвимости могут быть вызваны целым рядом факторов, включая плохие методы написания кода, отсутствие проверки входных данных и устаревшее программное обеспечение. Организациям важно регулярно оценивать и тестировать свои веб-приложения на наличие уязвимостей, а также внедрять такие меры безопасности, как брандмауэры, системы обнаружения вторжений и методы безопасного программирования для защиты от атак.

Исходя из всего вышесказанного, тема разработки анализатора защищенности веб-приложения является актуальной в силу роста атак на веб-приложения. Анализатор веб-безопасности является важным первым шагом в обеспечении безопасности приложений, поскольку он помогает выявлять и оценивать потенциальные уязвимости в веб-приложениях. Эти инструменты сканиру-

ют код, конфигурацию и инфраструктуру приложения, чтобы обнаружить любые слабые места, которые могут быть использованы злоумышленниками. Выявив эти уязвимости на ранней стадии, организации могут предпринять шаги по их устранению до того, как они смогут быть использованы.

Общие сведения по безопасности веб-приложений

Риски безопасности веб-приложений могут возникать в результате взаимодействия между приложением и его пользователями, а также обработки данных на стороне сервера [1]. В отличие от традиционной сетевой безопасности, безопасность веб-приложений требует уникального набора мер безопасности. Веб-приложения разработаны для взаимодействия с пользователями, а это означает, что они уязвимы для широкого спектра угроз, таких как атаки на проверку входных данных, атаки с использованием SQL-инъекций, межсайтовые скрипты (XSS) и атаки на подделку запросов на стороне сервера (SSRF) [2]. Защита конфиденциальных данных, предотвращение несанкционированного доступа к веб-приложениям и сохранение целостности и доступности онлайн-сервисов — все это зависит от уровня защищенности веб-приложений. Веб-приложения могут подвергаться различным атакам, если не приняты достаточные меры безопасности. Нарушение безопасности может оказать большое влияние на инфраструктуру приложения в целом, включая финансовые потери, ущерб репутации и юридическую ответственность.

Модель актуальных угроз безопасности веб-приложений

Одной из наиболее серьезных проблем, с которыми сталкивается безопасность веб-приложений, является постоянно меняющийся ландшафт угроз. Злоумышленники постоянно находят новые способы использовать уязвимости веб-приложений и получить доступ к конфиденциальным данным. Модель угроз веб-приложений представляет собой структуру, описывающую угрозы, с которыми сталкиваются веб-приложения. Модель угроз веб-приложений должна учитывать все элементы, которые содержит приложение, векторы атак, которые могут использовать злоумышленники, и потенциальный ущерб, который злоумышленник может нанести. Распространенной моделью для понимания угроз безопасности веб-приложений является проект OWASP Top 10, который предоставляет полный список наиболее критических рисков безопасности, с которыми повседневно сталкиваются веб-приложения [5]. Проект OWASP Top 10 также может быть использован в качестве справочного материала для определения типов угроз безопасности, которым может подвергаться веб-приложение, и способов снижения этих рисков.

Первым шагом в обеспечении безопасности веб-приложения является понимание типов атак, к которым оно может быть уязвимо. Определение типов атак является важнейшим шагом в обеспечении безопасности приложения.

Инъекционные атаки

Инъекционные атаки представляют собой процесс вставки вредоносного кода злоумышленником в операционную систему веб-приложения, серверную базу данных или другие слабые места, своего рода уязвимость в системе безопасности веб-приложения. Инъекционные атаки бывают различных форм, таких как SQL-инъекция, NoSQL-инъекция и внедрение команд операционной системы.

Одним из наиболее распространенных видов инъекционных атак является SQL-инъекция. Это происходит, когда злоумышленник вставляет вредоносные инструкции SQL в серверную базу данных веб-приложения [3]. В результате злоумышленник имеет возможность редактировать или извлекать конфиденциальные данные из базы данных. Существует несколько типов атак SQL-инъекций, включая атаки вслепую (blind-based), основанные на логических значениях (boolean-based), основанные на времени (time-based) и атаки за пределами (Out-Of-Bound) [4].

Внедрение NoSQL аналогично SQL-инъекции, однако оно затрагивает только базы данных NoSQL [5]. В базах данных NoSQL отсутствует установленная схема данных, в отличие от обычных баз данных SQL, что делает их более восприимчивыми к инъекционным атакам. Подобно атакам с использованием SQL-инъекций, атаки с использованием NoSQL-инъекций включают вставку вредоносного кода в параметры запроса веб-приложения. Атаки с внедрением NoSQL могут включать в себя, среди прочего, внедрение дополнительных запросов или изменение уже существующих запросов для получения незаконных данных из базы данных. Атаки с внедрением NoSQL также могут быть использованы злоумышленниками для обхода систем аутентификации и контроля доступа или запуска произвольного кода на сервере.

Инъекционная атака, известная как внедрение команд операционной системы, нацелена на операционную систему веб-приложения [6]. Этот метод предоставляет злоумышленнику доступ к операционной системе сервера веб-приложений и позволяет ему выполнять любые команды операционной системы, которые он выберет. Данный вид атаки может быть осуществлен путем ввода вредоносных команд в параметры запроса веб-приложения или другие поля ввода, которые позже используются для генерации команд операционной системы. Выполняя команды от имени привилегированного

пользователя, злоумышленники также могут использовать этот вид атаки для обхода систем аутентификации и контроля доступа.

Уязвимости аутентификации и контроля доступа

Другой типичный класс угроз безопасности веб-приложений связан с аутентификацией и контролем доступа. Из-за этих недостатков злоумышленники могут обойти процессы аутентификации и получить доступ к конфиденциальным данным без авторизации. Когда веб-приложение неправильно управляет аутентификацией пользователя и токенами сеанса, оно уязвимо для нарушенной аутентификации (Broken authentication), а также для управления сеансом (Session management). Это может привести к краже данных и компрометации учетных записей пользователей. Когда веб-приложение предоставляет прямую ссылку на внутренний объект, такой как файл или запись базы данных, без требуемых ограничений доступа, это определяется как небезопасная прямая ссылка на объект [7]. Злоумышленники могут получить конфиденциальную информацию или отредактировать данные, которые в результате не должны быть доступны. Нарушенные уязвимости контроля доступа позволяют злоумышленнику получить несанкционированный доступ к функциям или данным веб-приложения. Это может произойти, когда веб-приложение неэффективно применяет средства контроля доступа или, когда они настроены неправильно.

Методы определения уязвимостей веб-приложения

SQL-инъекция является техникой инъекции кода, которая может использовать уязвимость в уровне базы данных веб-приложения. Эта техника обычно используется хакерами для манипулирования SQL-запросами и получения несанкционированного доступа к системе. Одним из стандартных методов обнаружения уязвимости SQL-инъекции является ввод метасимволов SQL в поля ввода пользователя и наблюдение за реакцией приложения. Если приложение возвращает ошибку SQL, это может свидетельствовать об уязвимости [8]. Однако этот метод требует глубокого понимания синтаксиса и семантики SQL и является довольно трудоемким. Одним из наиболее эффективных инструментов для обнаружения уязвимостей SQL-инъекций является sqlmap. Он автоматизирует процесс обнаружения и эксплуатации уязвимостей SQL-инъекций и предоставляет доступ к фундаментальной базе данных уязвимого приложения. Инструмент поддерживает различные типы SQL-инъекций, включая слепые на основе булевых функций (Blind Boolean-based), слепые на основе времени (Blind time-based), на основе ошибок (error-based), на основе UNION-запросов (UNION query-based), на основе вложенных запросов и атаки за пределами (Out-Of-Bound).

Межсайтовый скриптинг (XSS) — это еще одна широко распространенная уязвимость безопасности в веб-приложениях. Она позволяет злоумышленникам внедрять вредоносные сценарии на веб-страницы, просматриваемые другими пользователями, что потенциально может привести к перехвату сеанса, краже личных данных или искажению работы веб-приложения. Традиционные методы обнаружения XSS-уязвимостей включают ввод полезной нагрузки JavaScript в поля ввода пользователя и наблюдение за тем, выполняет ли браузер скрипт [8]. Подобно обнаружению SQL-инъекций, этот метод требует хорошего понимания JavaScript и различных контекстов, в которых он может быть выполнен. XSStrike является инструментом, который упрощает и повышает эффективность обнаружения XSS. Он использует интеллектуальную генерацию полезной нагрузки и обнаружение аномалий для поиска XSS-уязвимостей. Он также оснащен мощным механизмом fuzzing и поддерживает HTTP-методы GET и POST, cookies, многопоточность и множество параметров.

Подделка запросов со стороны сервера (SSRF) представляет из себя уязвимость, которая позволяет злоумышленнику заставить сервер выполнять запросы от его имени. Она может быть использована для взаимодействия с внутренними ресурсами, выполнения действий от имени сервера или для атаки на другие системы. Обнаружение уязвимостей SSRF заключается в том, чтобы обманом заставить сервер выполнить запрос в непредусмотренном месте. Обычно это включает манипулирование полями URL или любой функцией, позволяющей серверу получать ресурсы из Интернета [8]. See-Surf — это мощный инструмент для обнаружения SSRF уязвимостей. Он работает путем сканирования параметров и конечных точек, которые могут быть уязвимы для SSRF, а затем пытается выполнить запросы к заранее определенным конечным точкам.

Подход к обнаружению потенциальных угроз

Разрабатываемый анализатор безопасности веб-приложений, использует уникальный подход к оценке уязвимостей, используя комбинацию инструментов с открытым исходным кодом, таких как sqlmap, XSStrike и see-surf для обнаружения таких потенциальных угроз, как SQL-инъекции, межсайтовый скриптинг (XSS) и подделка запросов на стороне сервера (SSRF). Благодаря интеграции инструментов с открытым исходным кодом, разрабатываемый анализатор имитирует кибератаки в реальном мире для выявления и устранения уязвимостей в веб-приложениях, тем самым, обеспечивая более точное представление о реальных кибератаках, выявляя уязвимости, которые автоматические анализаторы безопасности могут не обнаружить. Имитируя эти атаки, разрабатываемое решение может помочь разработчикам понять, как их приложения могут реагировать на реаль-

ные угрозы. Так же, подобные анализаторы тестирования на проникновение могут использовать опыт специалистов по безопасности или этичных хакеров, которые могут мыслить, как злоумышленники и использовать свой опыт для выявления уязвимостей, которые автоматические инструменты могут не обнаружить.

Архитектура программного обеспечения

Архитектура инструмента анализа надежности веб-приложений построена вокруг двух ключевых компонентов: бэкенда, работающего на FastAPI и Uvicorn, и фронтенда, работающего на ReactJS.

Связь между фронтендом (ReactJS) и бэкендом (FastAPI) в реализуемом решении устанавливается с помощью HTTP(S) запросов и ответов. Это стандартная модель взаимодействия клиента и сервера, при которой клиент отправляет запрос, а сервер возвращает ответ.

FastAPI предназначен для обработки различных типов запросов, таких как GET, POST, PUT, DELETE и др. Каждый из этих запросов соответствует определенному типу операций. Например, запрос GET обычно используется для получения данных, запрос POST — для отправки данных, запрос PUT — для обновления данных, а запрос DELETE — для удаления данных.

На клиентской части приложение ReactJS использует HTTP(S) запросы для связи с бэкендом FastAPI. Для этого используется Fetch API или библиотеки, такие как Axios, которые предоставляют более удобный и мощный API для выполнения запросов и обработки ответов. Когда приложению ReactJS нужно взаимодействовать с бэкендом (например, получить или отправить данные), оно делает HTTP(S) запрос к соответствующей конечной точке на сервере FastAPI. Сервер обрабатывает запрос, взаимодействует с базой данных или выполняет другие необходимые операции, а затем отправляет ответ обратно клиенту. Этот ответ затем обрабатывается приложением ReactJS, которое соответствующим образом обновляет пользовательский интерфейс. Преимущество такого подхода заключается в том, что он позволяет эффективно и динамично обновлять пользовательский интерфейс на основе взаимодействия с пользователем и ответов сервера без необходимости полной перезагрузки страницы. Этот метод взаимодействия клиента и сервера составляет основу взаимодействия между бэкендом FastAPI и фронтендом ReactJS в разрабатываемом анализаторе надежности.

Используя сильные стороны FastAPI и ReactJS и их эффективное взаимодействие, инструмент анализа надежности веб-приложений способен обеспечить мощный и отзывчивый пользовательский опыт.

Реализация анализатора надежности

Реализация анализатора безопасности включает в себя хорошо структурированный бэкенд, использующий фреймворк FastAPI и ASGI-сервер Uvicorn. Серверная часть отвечает за взаимодействие с инструментами SQLmap, XSStrike и See-Surf и предоставляет конечные точки для взаимодействия с фронтендом ReactJS-приложения. Кодовая база является модульной, с отдельными модулями Python, предназначенными для каждой функциональности для лучшей обслуживаемости и масштабируемости. Ниже приведена структура кода бэкенда:

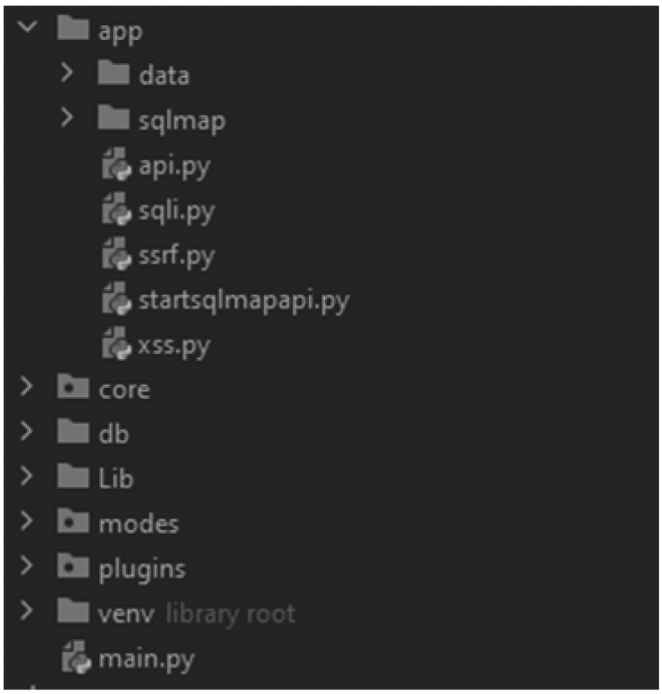


Рис. 1. Структура серверной части

1. Расположенная по адресу `code/main.py`, является точкой входа в приложение бэкенда. Отвечает за инициализацию и запуск ASGI-сервера Uvicorn, который используется для запуска приложения FastAPI. Uvicorn представляет из себя молниеносную реализацию ASGI-сервера, использующую uvloop и httptools, что делает Uvicorn идеальным выбором для запуска асинхронных веб-приложений на Python.
2. Файл, расположенный по адресу `code/app/api.py`, содержит основные маршруты бэкенд-приложения. Эти маршруты определяют конечные точки API, с которыми взаимодействует фронтенд-приложение. Фреймворк FastAPI упрощает создание и управление этими маршрутами, поддерживая валидацию запросов, сериализацию и автоматическое документирование API.
3. Модуль sqli.py, расположенный в каталоге `code/app`, предназначен для обнаружения уязвимо-

стей SQL Injection. Этот модуль взаимодействует с инструментом SQLmap через его REST JSON API, отправляя запросы к SQLmap API и обрабатывая ответы. Модуль отвечает за инициирование сканирования SQLmap и получение результатов, которые затем отправляются в качестве ответов на соответствующие запросы API с фронтенда.

4. Модуль startsqlmapapi.py, также находящийся в каталоге `code/app`, запускает подпроцесс, который запускает сервер SQLmap REST API. Этот сервер необходим модулю sqli.py для взаимодействия с SQLmap. Подпроцесс запускается при инициализации внутреннего приложения, гарантируя, что сервер SQLmap API готов принимать запросы.
5. Модуль xss.py отвечает за обнаружение уязвимостей межсайтового скриптинга (XSS). Этот модуль взаимодействует с инструментом XSStrike, инициируя сканирование на наличие XSS-уязвимостей и обрабатывая результаты. Результаты затем отправляются в качестве ответов на соответствующие API-запросы с фронтенда.
6. Модуль ssrf.py занимается обнаружением уязвимостей Server-Side Request Forgery (SSRF). Он взаимодействует с инструментом See-Surf, инициируя сканирование SSRF и обрабатывая результаты. Как и в других модулях, результаты отправляются в виде ответов на соответствующие API-запросы с фронтенда.

Такая модульная структура кода позволяет четко разделить обязанности, что облегчает понимание, обслуживание и масштабирование кодовой базы. Каждый модуль отвечает за определенный тип обнаружения уязвимостей, что гарантирует, что изменения в одном модуле не повлияют на другие. Такое разделение также позволяет легко добавлять новые модули в будущем, если возникнет необходимость в расширении типов обнаружения уязвимостей.

Структура клиентской части состоит из нескольких компонентов, каждый из которых отвечает за различные аспекты функциональности приложения:

1. `public/index.html`: Это основной HTML-файл, который загружается, когда кто-то посещает сайт. Он служит контейнером для приложения React.
2. `src/routes/App.jsx`: Здесь определяется маршрутизация приложения с помощью `react-router-dom`. Он включает два основных маршрута: `Queues` и `Results`. Каждый маршрут соответствует отдельному компоненту, который отображается, когда пользователь переходит по соответствующему маршруту.
3. `src/routes/Queues.jsx`: Этот компонент управляет отображением списка очередей, показывая статус каждого элемента очереди.

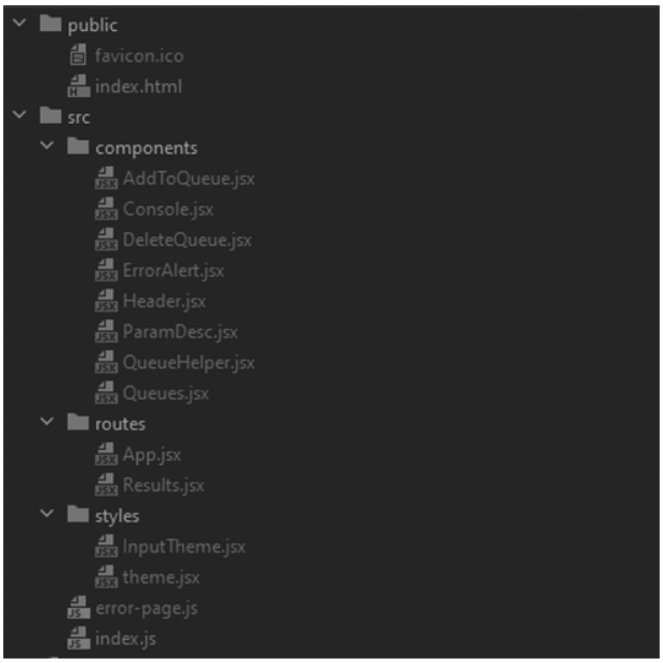


Рис. 2. Структура клиентской части

4. `src/routes/Results.jsx`: Этот компонент отвечает за отображение результатов анализа. Он отображает результаты, визуализируя их и обрабатывая определенным образом, в зависимости от элемента очереди.
5. `src/components/AddToQueue.jsx`: Этот компонент обрабатывает функциональность для добавления новых элементов в очередь. Он включает форму и другие элементы ввода данных для конфигурирования вектора анализа, добавляя новый элемент в очередь. Так же, содержит функцию инициализации процесса анализа.
6. `src/components/DeleteQueue.jsx`: Этот компонент позволяет пользователям удалять элементы из очереди.
7. `src/components/ErrorAlert.jsx`: Этот компонент отвечает за отображение сообщений об ошибках для пользователя.
8. `src/components/Header.jsx`: Содержит заголовок приложения.
9. `src/components/ParamDesc.jsx`: Реализован для отображения описания каждого параметра конфигурации тестирования.
10. `src/components/QueueHelper.jsx`: Полезный компонент, который предоставляет дополнительную функциональность для элементов очереди, реализует функцию удаления элементов из очереди.

Компоненты организованы в иерархическом порядке, при этом `App` выступает в качестве корневого компонента. Внутри `App` маршрутизация настроена на отображение либо очередей `Queues`, либо результатов `Results` в зависимости от текущего URL. Компонент

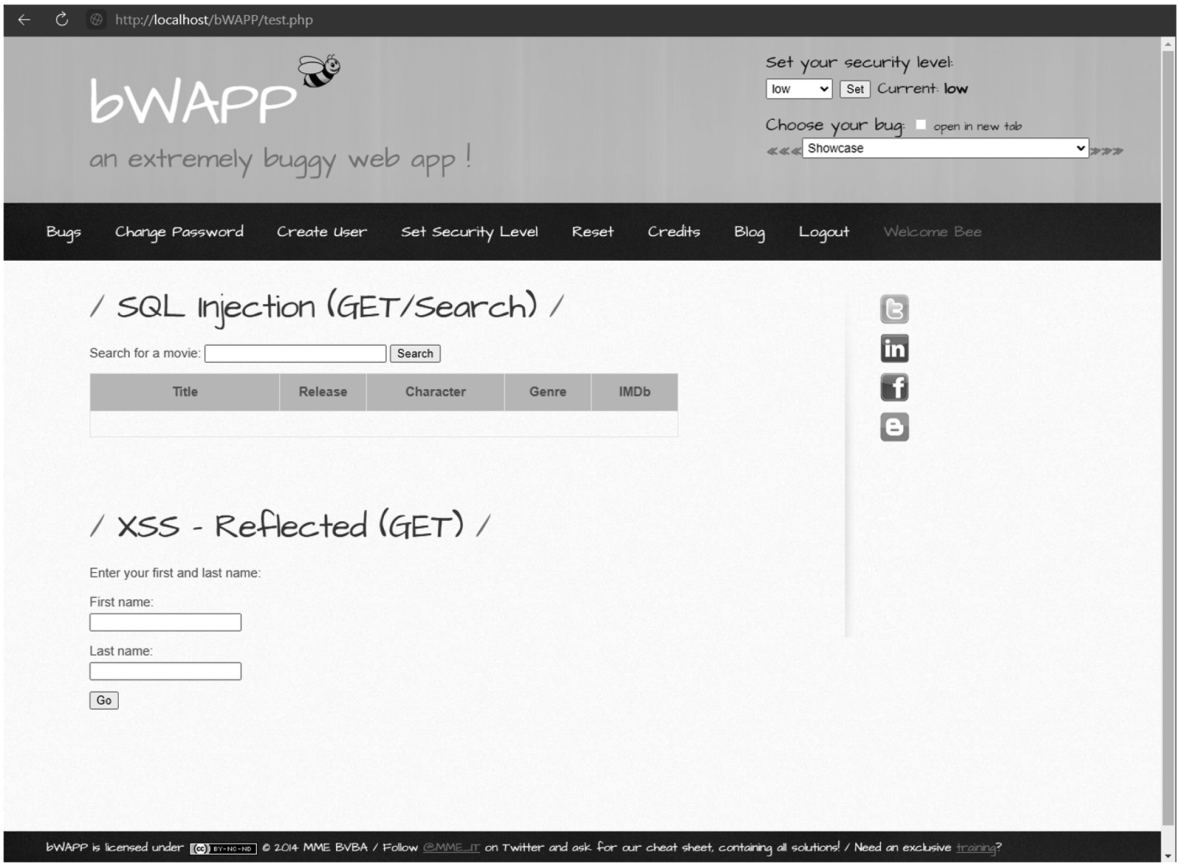


Рис. 3. Уязвимое приложение bWAPP

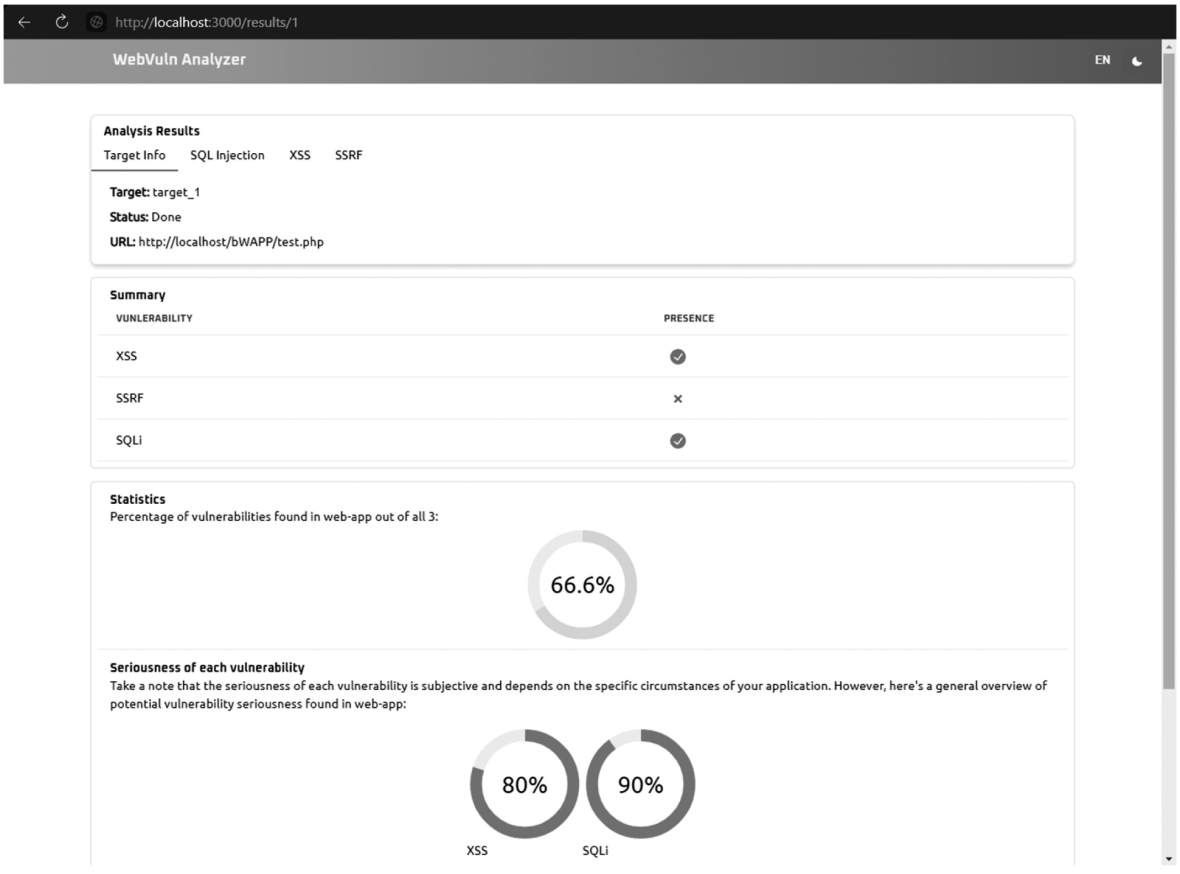


Рис. 4. Результаты анализа SQLi и XSS



Рис. 5. Уязвимое приложение SSRF Lab

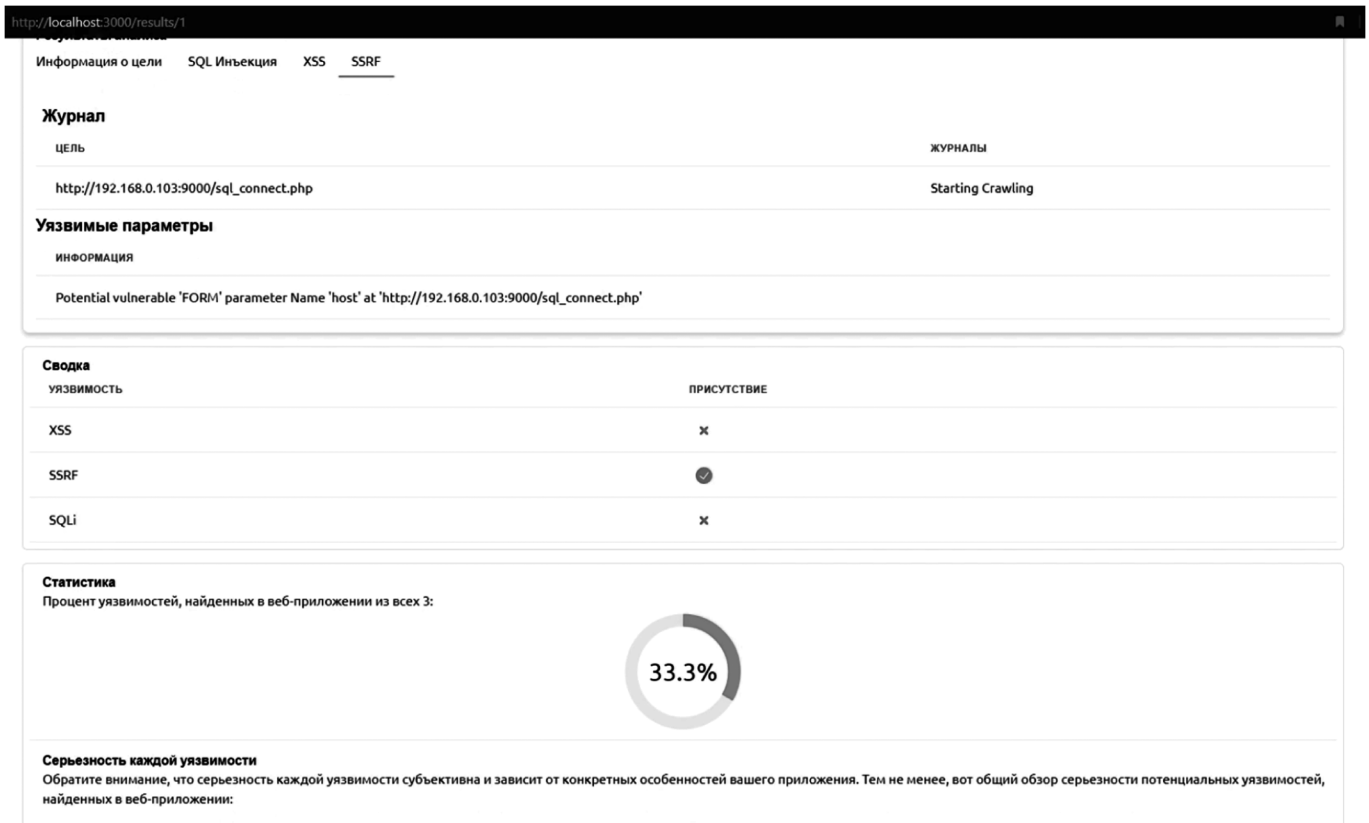


Рис. 6. Результаты анализа SSRF

`Queues` затем использует `AddToQueue` и другие компоненты для обеспечения взаимодействия с очередью.

Анализ результатов работы системы

Необходимо проанализировать результаты работы системы, а именно способность правильно определять соответствующие уязвимости. Приложение-жертва, используемое для этой цели, — 'bWAPP', является уязвимым веб-приложением.

Система выдает результаты тестирования на основе обнаруженных уязвимостей SQLi и XSS, тем самым выступая в качестве эффективного инструмента анализа безопасности.

Для тестирования модуля определения SSRF будет использовано Server-Side Request Forgery (SSRF) vulnerable Lab — веб-приложение для тестирования соответствующей уязвимости.

Модуль определения SSRF успешно выполнил запросы к внешним ресурсам и определил потенциально уязвимые параметры, тем самым, свидетельствуя о присутствии уязвимости.

Заключение

Таким образом, было разработано гибкое и эффективное решение анализа безопасности веб-приложений, выявляющее соответствующие уязвимости. Персональный анализатор веб-приложений эффективно продемонстрировал свои возможности в обнаружении значительных уязвимостей безопасности, таких как SQL Injection (SQLi), Cross-Site Scripting (XSS) и Server Side Request Forgery (SSRF). Для уменьшения последствий обнаруженных уязвимостей и усиления защиты от потенциальных атак были даны целевые рекомендации. Эти рекомендации направлены не только на немедленное устранение выявленных уязвимостей, но и на создание надежной, долгосрочной практики безопасного написания кода. Также, рассмотрены и описаны методы обнаружения уязвимостей, реализованные в разрабатываемом решении с использованием специальных инструментов. Эти инструменты значительно расширили возможности по обнаружению уязвимостей веб-приложений, предлагая всестороннее сканирование и высокую степень автоматизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Huang H.C. et al. Web application security: threats, countermeasures, and pitfalls //Computer. — 2017. — Т. 50. — №. 6. — С. 81–85. (дата обращения: 05.01.2023)
2. 8 Critical Web Application Vulnerabilities and How to Prevent Them. [Электронный ресурс] URL: https://brightsec.com/blog/web-application-vulnerabilities/ (дата обращения: 08.01.2023)
3. Sharma, Chandershekhar & Jain, Sushil. (2017). SQL Injection Attacks on Web Applications. (дата обращения: 20.01.2023)
4. Dizdar A. SQL injection attack: Real life attacks and code examples //Retrieved April. — 2021. — Т. 15. — С. 2022. (дата обращения: 27.01.2023)
5. Eassa A.M. et al. NoSQL injection attack detection in web applications using RESTful service //Programming and Computer Software. — 2018. — Т. 44. — С. 435–444. (дата обращения: 31.01.2023)
6. ALAHMAD M., ALKANDARI A., ALAWADHI N. SURVEY OF OS COMMAND INJECTION WEB APPLICATION VULNERABILITY ATTACK //Journal of Engineering Science and Technology. — 2022. — Т. 17. — №. 1. — С. 0075–0084. (дата обращения: 02.02.2023)
7. Prasad P. Mastering Modern Web Penetration Testing. — Packt Publishing Ltd, 2016. (дата обращения: 05.02.2023)
8. Swead M.A., Almustafa M.M. Developing a methodology for web applications vulnerabilities analysis and detection. — 2019. (дата обращения: 04.03.2023)
9. Голубев Д.Д. Исходный код системы анализа безопасности веб-приложений. https://github.com/5vver/WebVuln-Analyzer. (2023).

© Русаков Алексей Михайлович (rusal@bk.ru); Филатов Вячеслав Валерьевич (filv@mail.ru);
Долженков Сергей Сергеевич (dolzhenkov@mirea.ru); Голубев Данил Дмитриевич (zelenstaff@gmail.com);
Сараев Даниил Андреевич (Den4k543@gmail.com); Шагиджанян Андре Альбертович (andreshah1@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.25

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ СИМВОЛОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОВЕРОК БЕЗОПАСНОСТИ

DEVELOPMENT OF AN OPTICAL CHARACTER RECOGNITION SYSTEM FOR THE AUTOMATION OF SECURITY CHECKS

A. Rusakov
V. Filatov
S. Dolzhenkov
E. Antonov
D. Andreev
D. Kulikov

Summary: This article deals with different approaches for optical character recognition (OCR) systems on images in order to automate security checks. A review and analysis of current methods and algorithms for character recognition in streaming images is given. The basic technology for optical information processing is considered, and the scope of this technology in the field of information security is determined. The features of CAPTCHA solution automation implementation are shown. OpenCV and Tesseract are considered to be the main libraries. The article develops CAPTCHA analysis software architecture in order to detect the characters depicted on it. The main points in realization of this software solution are given and it is shown that it is possible to apply this software solution in practice thus showing vulnerabilities of CAPTCHA security checking systems.

Keywords: image character recognition, image mining, CAPTCHA recognition, computer vision.

Русаков Алексей Михайлович
старший преподаватель, МИРЭА — Российский технологический университет
rusal@bk.ru
Филатов Вячеслав Валерьевич
доцент, МИРЭА — Российский технологический университет
filv@mail.ru
Долженков Сергей Сергеевич
ассистент, МИРЭА — Российский технологический университет
dolzhenkov@mirea.ru
Антонов Эмиль Петрович
МИРЭА — Российский технологический университет
emillink69@gmail.com
Андреев Дмитрий Игоревич
МИРЭА — Российский технологический университет
ufi-69@mail.ru
Куликов Даниил Михайлович
МИРЭА — Российский технологический университет
daniil.kulikov.00@mail.ru

Аннотация: в статье рассматриваются различные подходы для систем оптического распознавания символов (OCR) на изображении с целью автоматизации проверок безопасности. Приводится обзор и анализ современных методов и алгоритмов распознавания символов в потоковых изображениях. Рассмотрены основные технологии для обработки оптической информации, а также определена область применения данной технологий в сфере информационной безопасности. Показаны особенности реализации автоматизации решений CAPTCHA. В качестве основных библиотек рассмотрены: OpenCV и Tesseract. В статье разработана архитектура программного обеспечения для анализа CAPTCHA с целью определения тех символов, которые на ней изображены. Приводятся основные моменты в реализации данного программного решения, показано, что данное программное решение возможно применить на практике, тем самым, показывая уязвимости систем проверки безопасности CAPTCHA.

Ключевые слова: распознавание символов на изображении, интеллектуальный анализ изображений, распознавание CAPTCHA, компьютерное зрение.

Введение

Для обеспечения безопасности и надежности онлайн-сервисов от кибер-атак были разработаны многочисленные проверки безопасности, и одним из таких решений является CAPTCHA (Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart). CAPTCHA представляет собой задачу, которая предназначена для того, чтобы определить, является ли пользователь человеком или компьютерной программой [1].

Актуальность данной темы заключается в том, что растущее число проверок безопасности в онлайн-сервисах и приложениях может доставлять неудобства пользователям, делая процесс неприятным и отнимающим много времени. Это может привести к снижению вовлеченности пользователей и негативным отзывам. Также, стоить добавить, что классические решения CAPTCHA становятся все менее эффективными, и пока разработчики пытаются их улучшить, злоумышленники находят новые способы их обойти. Однако, во многих онлайн-сервисах CAPTCHA не обновляется, из-за чего системы,

использующие технологию оптического распознавания символов, могут легко их решать. Целью данной работы является демонстрация того, как технология оптического распознавания символов позволяет обходить проверки безопасности. Для этого выполняется разработка системы для автоматизации таких проверок безопасности, как CAPTCHA.

CAPTCHA и ее роль в обеспечении информационной безопасности

CAPTCHA это метод проверки безопасности, используемый для определения того, является ли пользователь человеком или нет. Эта проверка предназначена для предотвращения несанкционированного доступа к вебсайту или выполнения определенных действий на нем, таких как создание нескольких учетных записей или рассылка спама. Существует несколько типов CAPTCHA, каждая из которых предназначена для противодействия различным типам атак ботов [2]. Наиболее распространенные типы включают:

— CAPTCHA на основе текста
— CAPTCHA на основе изображения
— CAPTCHA на основе звука
— CAPTCHA на основе видео
— CAPTCHA, основанные на головоломке

Основная роль CAPTCHA в обеспечении безопасности заключается в предотвращении автоматизированных атак со стороны ботов. Боты могут быть запрограммированы на повторную отправку запросов на веб-серверы или веб-приложения, что может вызвать атаку типа «отказ в обслуживании» (DoS), скомпрометировать учетные записи пользователей или извлечь конфиденциальную информацию. CAPTCHA может предотвратить эти атаки, заставляя пользователей решать задачу, с которой ботам, в большинстве случаев, не в состоянии справиться.

Методы и алгоритмы распознавания символов

Методы и алгоритмы распознавания символов относятся к методам и математическим моделям, используемым для распознавания и идентификации символов на входном изображении. Эти методы включают предварительную обработку, извлечение признаков (сегментацию) и классификацию.

Предварительная обработка является важным шагом в распознавании символов, поскольку она помогает повысить качество и четкость входного изображения, что может значительно повлиять на точность алгоритмов распознавания. Методы предварительной обработки включают удаление шума и нормализацию.

Сегментация — процесс разделения изображения на множество областей или сегментов, где каждый сегмент соответствует значимому объекту или части изображения. Сегментация является важным шагом в оптическом распознавании символов, поскольку она выделяет отдельные символы или слова из остальной части изображения. Существуют различные методы сегментации изображений, которые включают пороговое значение, обнаружение краев, кластеризацию, увеличение области и морфологические операции.

Классификация — заключительный этап процесса распознавания символов, на котором извлеченные признаки классифицируются по определенным категориям. Процесс классификации обычно включает в себя обучение классификатора с использованием набора помеченных данных, где классификатор учится различать различные классы символов на основе их характеристик. Наиболее часто используемыми классификаторами при распознавании символов являются искусственные нейронные сети, машины опорных векторов, классификаторы *k*-ближайших соседей и деревья решений.

Предварительная обработка входной информации

Для изменения размера изображения CAPTCHA, был выбран алгоритм билинейной интерполяции (bilinear interpolation) [3]. Билинейная интерполяция — это широко используемый метод повторной выборки изображений.

Формула для билинейной интерполяции может быть выражена следующим образом:

Пусть (x, y) представляют исходные координаты пикселя на входном изображении, а (x', y') обозначают новые координаты после изменения размера. Значение пикселя в точке (x', y') может быть вычислено по следующей формуле:

$$F(x', y') = (1-\alpha)(1-\beta)F(x_1, y_1) + \alpha(1-\beta)F(x_2, y_1) + \beta(1-\alpha)F(x_1, y_2) + \alpha\beta F(x_2, y_2),$$

Где $F(x, y)$ — представляет значение пикселя в координатах (x, y) на исходном изображении;

(x_1, y_1), (x_2, y_1), (x_1, y_2), и (x_2, y_2) — обозначают соседние пиксели, окружающие (x', y') на исходном изображении;

α и β — коэффициенты интерполяции, которые зависят от относительного положения (x', y') относительно соседних пикселей.

Чтобы изменить размер изображения в 2 раза, мы определяем новые координаты (x', y') путем умножения исходных координат (x, y) на 2. Затем мы вычисляем коэффициенты интерполяции α и β на основе дробных частей (x', y').

Следующим этапом предварительной обработки является преобразование цветового пространства изображения CAPTCHA в оттенки серого. Чтобы преобразовать изображение RGB в оттенки серого, воспользуемся методом средневзвешенного значения. Формула для преобразования оттенков серого выглядит следующим образом:

$$Y = 0{,}299 * R + 0{,}587 * G + 0{,}144 * B$$

Здесь Y представляет значение интенсивности в оттенках серого, а R, G и B обозначают значения красного, зеленого и синего цветовых каналов соответственно. Коэффициенты 0,299, 0,587 и 0,144 представляют относительную важность каждого цветового канала при определении общей интенсивности.

Заключительным этапом предварительной обработки изображения перед сегментацией является применение к изображению двустороннего фильтра (bilateral filter). Двусторонний фильтр — это нелинейный сглаживающий фильтр с сохранением краев, который уменьшает шум при сохранении важных краев и деталей. Этот шаг помогает устранить высокочастотный шум, такой как мелкие крапинки или артефакты, которые могут мешать последующим процессам обработки.

Математическая формула для двустороннего фильтра выражается следующим образом:

$$I_{filtered}(x,y) = \frac{1}{W(x,y)} * \sum_{(x',y')}^{\Omega(x,y)} (I(x',y') * \\ * S\left(\left\|(x,y) - (x',y')\right\|\right) * R(|\, I(x,y) - I(x',y')\,|))$$

Где $I_{filtered}(x, y)$ — отфильтрованное значение интенсивности в пикселе (x, y) изображения после применения двустороннего фильтра;

$\Omega(x, y)$ — обозначает набор всех соседних пикселей внутри окна (window) с центром в точке (x, y);

$I(x', y')$ — значение интенсивности соседнего пикселя (x', y') на изображении;

$S\left(\left\|(x,y) - (x',y')\right\|\right)$ — пространственный вес между пикселями (x, y) и (x', y'), который измеряет пространственное расстояние между ними;

$R(|\, I(x,y) - I(x',y')\,|)$ — вес диапазона, основанный на разнице интенсивности между пикселями (x, y) и (x', y');

W (x, y) — коэффициент нормализации, который гарантирует, что сумма весов равна 1.

Сегментация изображения

После предварительной обработки изображения CAPTCHA, необходимо применить сегментацию изображения с целью извлечения символов для последующей классификации. Выбранным подходом для сегментации в данном случае является алгоритм определения порогового значения (thresholding algorithm) [4].

Данный процесс может быть выражен с помощью следующей формулы:

$$Binary\ Image(x,y) = \begin{cases} 1, if\ Grayscale\ Image(x,y) \geq T \\ 0, if\ Grayscale\ Image(x,y) < T \end{cases}$$

В этой формуле Binary Image (x, y) представляет значение пикселя в бинарном изображении в местоположении (x, y), а Grayscale Image (x, y) представляет значение интенсивности в изображении в оттенках серого в том же местоположении.

Классификация символов на изображении

Один из механизмов OCR — Tesseract, использует статистическую модель, известную как скрытая марковская модель (HMM) [5]. HMM представляет последовательность символов в виде вероятностной модели, где каждый символ считается скрытым состоянием, а наблюдаемые особенности изображения являются информацией, связанной с каждым состоянием.

Обозначим наблюдаемые особенности изображения как $X = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$, где n — количество символов в сегментированном изображении. Аналогично, обозначим скрытые состояния (символы) как $Y = \{y_1, y_2, \ldots, y_n\}$. Цель состоит в том, чтобы найти наиболее вероятную последовательность скрытых состояний с учетом наблюдаемых особенностей. Используя теорему Байеса, это можно выразить следующим образом:

$$P(Y|X) = \frac{P(X|Y) * P(Y)}{P(X)},$$

Где член правдоподобия (likelihood) P(X|Y) представляет собой вероятность наблюдаемых признаков с учетом скрытых состояний, которые могут быть смоделированы с помощью комбинации методов извлечения признаков изображения и обученных алгоритмов машинного обучения;

предшествующий член (prior) P(Y) представляет собой предшествующую вероятность последовательности символов, которая может быть оценена на основе частотного распределения символов в обучающем наборе данных;

член доказательства (marginalization) P(X) действует как фактор нормализации и может быть вычислен путем

маргинализации по всем возможным последовательностям скрытых состояний:

$$P(X) = \sum_{i=1}^{n} \left(P(X|Y_i) * P(Y_i) \right).$$

Чтобы найти наиболее вероятную последовательность скрытых состояний, механизм OCR Tesseract использует алгоритм Витерби, алгоритм динамического программирования, который эффективно вычисляет максимальную апостериорную оценку максимума (MAP) скрытых состояний с учетом наблюдаемых характеристик. Алгоритм Витерби рекурсивно вычисляет максимальную вероятность каждого состояния в каждой позиции последовательности, принимая во внимание вероятности предыдущих состояний и вероятности перехода между состояниями.

Стек технологий

При разработке серверной части приложения используется следующий стек технологий:

— Язык программирования Golang
— Библиотека компьютерного зрения OpenCV
— Механизм оптического распознавания символов Tesseract

Для пользовательской части:

— Язык программирования JavaScript (фреймворк React)
— Инструмент для настройки среды разработки Vite

Разработка самого приложения производится на операционной системе Linux с использованием текстового редактора VSCode.

Архитектура программного обеспечения

Архитектура программного обеспечения веб-приложения соответствует модели клиент-сервер, при этом серверная часть отвечает за обработку пользовательских запросов и выполнение основных функциональных возможностей системы, в то время как пользовательская часть отвечает за пользовательский интерфейс и взаимодействие с серверной частью.

Серверная часть выступает в качестве основы приложения, реализуя генерацию изображений CAPTCHA, решение CAPTCHA, предварительную обработку изображений, сегментацию изображений, классификацию символов и анализ результатов распознавания.

Пользовательская часть фокусируется на получении изображений с CAPTCHA от пользователей и отправке обратно текстовых ответов на распознанные изображения.

Для облегчения связи между серверной и пользовательской частями реализован API, обеспечивающий беспрепятственный обмен данными и взаимодействие. API обрабатывает передачу изображений с CAPTCHA, а также отправку результатов распознавания обратно в пользовательский интерфейс.

Данная архитектура обеспечивает четкое разделение задач: серверная часть берет на себя вычислительные задачи и обработку данных, в то время как пользовательская часть занимается взаимодействием с пользователем. Такой модульный подход обеспечивает более простое обслуживание, масштабируемость и будущие усовершенствования [6].

Алгоритм работы системы

В качестве примера возьмем исходное изображение CAPTCHA, представленное на рисунке 1.



Рис. 1. Исходное изображение CAPTCHA

Сначала применяется формула билинейной интерполяции. Получаем новое изображение CAPTCHA, представленное на рисунке 2.



Рис. 2. Полученное изображение CAPTCHA после увеличения в 2 раза

Следующим шагом является преобразование цветового пространства изображения в оттенки серого. Результат преобразования, представленное на рисунке 3.



Рис. 3. Полученное изображение CAPTCHA после преобразования в оттенки серого

Применим двусторонний фильтр к предыдущему этапу и получим новое изображение, представленное на рисунке 4.



Рис. 4. Полученное изображение CAPTCHA после применения двустороннего фильтра

Далее, происходит сегментация изображения путем использования алгоритма определения порогового значения. Результат работы данного алгоритма представлен на рисунке 5.



Рис. 5. Полученное изображение CAPTCHA после сегментации

В результате мы получили полностью обработанное изображение CAPTCHA, с выделенными символами, готовыми для дальнейшей классификации.

Заключительным этапом работы системы является классификация полученных символов на изображении CAPTCHA. Результат работы представлен на рисунке 6.

Анализ результатов работы системы

Необходимо проанализировать результаты системы, а именно рассчитать среднюю точность распознавания символов на изображениях CAPTCHA. В качестве примера сгенерируем 10 изображений CAPTCHA и вычислим среднюю точность распознавания символов. На рисунке 7 представлен результат со средней точностью распознавания 86,5 %.

Заключение

Таким образом, была разработана система для автоматизации решений CAPTCHA, способствующая решению проблемы многих онлайн-ресурсов, а именно необходимости обновления методов проверки безопасности, во избежание нарушения целостности своих данных.

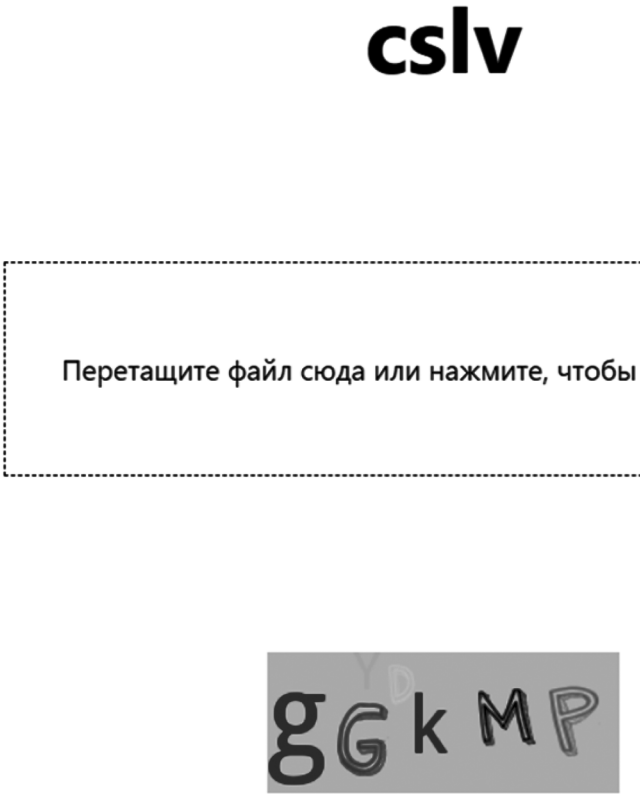


Рис. 6. Результат работы системы

```
{"accuracy":86.50001,"analysis":
[{"id":"SmDxbKJk6B1gnSkDsrkd","answer":"cnek","solution":"cne","rate":75},
{"id":"bscrsXEnSCSxdOsQr4U1","answer":"3ta8","solution":"3ta8","rate":100},
{"id":"K8ron9cmONxcC4yeHvQB","answer":"h326","solution":"h36","rate":75},
{"id":"hnG0jsuzB4oKr9MJdRo3","answer":"mp84o","solution":"mp40o","rate":80},
{"id":"mub2x3oOM6AJ1AMUYH1z","answer":"69xrl","solution":"69xrl","rate":100},
{"id":"fd02TDgR1qaxHZ1Q84GE","answer":"i0m6","solution":"i0mb","rate":75},
{"id":"3RXmgUBCXU0UeEuXEcBV","answer":"mryj","solution":"mryj","rate":100},
{"id":"jrqGU8Bd8EusgFvYRmbb","answer":"v3uv","solution":"v3uv","rate":100},
{"id":"4N69vBDtdaq3Rh8O9xMk","answer":"pj3gq","solution":"pijigq","rate":80},
{"id":"E2r2nvjVoRDxoAj71cb1","answer":"wau25","solution":"way25","rate":80}]}
```


Рис. 7. Анализ результатов распознавания символов CAPTCHA

ЛИТЕРАТУРА

1. von Ahn, L., Blum, M., Hopper, N.J., Langford, J. (2003). CAPTCHA: Using Hard AI Problems for Security. In: Biham, E. (eds) Advances in Cryptology — EUROCRYPT 2003. Lecture Notes in Computer Science, vol 2656. Springer, Berlin, Heidelberg. 10.1007/3-540-39200-9_18
2. Ved Prakash Singh, Preet Pal (2014). Survey of Different Types of CAPTCHA [Электронный ресурс] / Academia. — Режим доступа: https://www.academia.edu/7053243/Survey_of_Different_Types_of_CAPTCHA_international. [Дата обращения 13.03.2023].
3. Parsania, Pankaj & V.Virparia, Dr. (2015). A Review: Image Interpolation Techniques for Image Scaling. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering. 02. 7409–7414. 10.15680/IJIRCCE.2014.0212024.
4. Chaubey, A.K. (2016). Comparison of The Local and Global Thresholding Methods in Image Segmentation [Электронный ресурс] / Semantic Scholar. — Режим доступа: https://www.semanticscholar.org/paper/Comparison-of-The-Local-and-Global-Thresholding-in-Chaubey/8a12c0695eec379f5da8ab28d2277eb243d99f65. [Дата обращения 08.03.2023].
5. R. Smith, (2007). An Overview of the Tesseract OCR Engine, Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition, pp. 629–633, 10.1109/ICDAR.2007.4376991.
6. Sharma, Anubha & Kumar, Manoj & Agarwal, Sonali. (2015). A Complete Survey on Software Architectural Styles and Patterns. Procedia Computer Science. 70. 16–28. 10.1016/j.procs.2015.10.019.
7. Антонов Э.П. Исходный код системы оптического распознавания символов на изображении для автоматизации решений CAPTCHA. https://github.com/unemil/cslv. (2023).

© Русаков Алексей Михайлович (rusal@bk.ru); Филатов Вячеслав Валерьевич (filv@mail.ru); Долженков Сергей Сергеевич (dolzhenkov@mirea.ru); Антонов Эмиль Петрович (emillink69@gmail.com); Андреев Дмитрий Игоревич (ufi-69@mail.ru); Куликов Даниил Михайлович (daniil.kulikov.00@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.26

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ЗАЩИЩЕННОСТИ УДАЛЕННЫХ ЗАПРОСОВ НА ИСПОЛНЕНИЕ ТРАНЗАКЦИЙ

Савельев Иван Андреевич
к.т.н., Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва
IASavelyev@fa.ru

Аннотация. В настоящее время из-за совершенствования алгоритмов обработки больших данных, а также существенного удешевления вычислительной мощности серверного оборудования становятся всё более доступными, и, следовательно, популярными технологии фальсификации запросов на исполнение транзакций. В статье рассматриваются методы и модели повышения уровня защищенности удаленных запросов на исполнение транзакций. Представлена структура процессингового центра, основные его уязвимости, и методы обеспечения сетевой безопасности.

Ключевые слова: кибербезопасность, обеспечение конфиденциальности и целостности транзакций, принцип интероперабельности.

ON THE PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF BIOMETRIC INFORMATION INTO A GRAPHICAL SPEECH SIGNAL FORMAT

I. Savelyev

Summary: Currently, due to the improvement of algorithms for processing big data, as well as a significant reduction in the cost of computing power of server equipment, technologies for falsifying requests for transaction execution are becoming more and more accessible, and, consequently, popular. The article discusses methods and models for increasing the security level of remote transaction execution requests. The structure of the processing center, its main vulnerabilities, and methods of ensuring cybersecurity are presented.

Keywords: cybersecurity, ensuring confidentiality and integrity of transactions, the principle of interactivity.

Введение

Учитывая огромную скорость развития компьютерной техники и самих технологий во всем мире, становится сложно угадать темпы их развития не только на ближайшее десятилетие, но и на год вперед. Несмотря на это главные направления развития хорошо прогнозируются. Например, одно из таких заманчивых в развитии на рынке направлений по предоставлению процессинговых услуг является решение, получившее признание и широкое применение в различных гигантских корпорациях. Оно вырастало из периода начального этапа развития компьютерных сетей и систем удаленного доступа на базе терминальных станций. Тогда пользователям была предоставлена возможность управления электронно-вычислительными ресурсами основного компьютера с использованием удаленного доступа через терминальные станции, которые были подключены по общему, как правило, открытому каналу передачи данных. Любой пользователь мог зарегистрироваться на центральном компьютере и получить определенные права на доступ.

Такая система удаленного доступа применяется и по сей день, однако современные тенденции развития интернет-технологий позволили передвинуть всю систему на следующую ступень. Во всем аналогичная технология получила широкое распространение. Сейчас она известна «тонкий клиент». Эта технология основана на технологии удаленного доступа между терминалом и главным компьютером, распределенной сетью (процессинговый центр). Чтобы получить доступ к своим ресурсам, пользователю требуется пройти регистрацию и аутентификацию на главной машине. При передаче информации о действиях пользователя с клавиатуры или сенсорного экрана от терминала к серверу, в ответ приходят изменения на экране удаленного терминала. Такой доступ гарантирует безопасность при получении процессинговых услуг. Данный подход обладает множеством плюсов, которые возможно использовать при повышении сетевой безопасности серверов процессингового центра (ПЦ).

Такой подход дает возможность не рассматривать защиту от вирусов терминалов, защиту от угроз появления дыр в безопасности, недекларированных возможностей программного обеспечения, НСД к информации, хранящейся на сервере. Использование централизованного управления доступом к терминалам с удаленным доступом к открытым сессиям пользователей и администрирование терминалов существенно упрощает функции администрирования сети. С экономической точки зрения, установленные на сервер программы можно разместить на всех тонких клиентах, не приобретая дополнительных лицензионных соглашений, что очень выгодно для крупных процессинговых центров. Еще одним крупным преимуществом становится то, что важные данные, в том числе персонального характера (номера карт, данные авторизации) нельзя сохранить на внешних информационных носителях при отсутствии специализирован-

ных средств, предоставляемые администраторами сети в специальных случаях. Все это позволяет сделать вывод о нулевой вероятности утечки критических данных с сервера ПЦ. Однако эта технология нуждается в специальной защите серверных приложений, другими словами, все компоненты программ, размещенные на сервере, требуют максимальной степени защиты от НСД.

Основополагающими факторами обеспечения безопасности удаленных запросов на исполнение транзакций предоставляемых услуг ПЦ. Стоит понимать, что все рассмотренное составляет лишь обобщение накопившегося практического опыта целого мира. Разумеется, каждый процессинговый центр, имеет характерные черты и особенности, поэтому и задачи по осуществлению безопасного его функционирования обладают своей спецификой. Каждый процессинговый центр выполняет обработку персональных данных с карт владельцев, а значит репутация и надежность ПЦ тесно связаны с уровнем безопасности внутренних систем. Теперь становится понятно, почему необходимо затрачивать столько ресурсов на достижение целей по обеспечению должного уровня устойчивости к отказам систем при круглосуточном обслуживании клиентов, так и на поддержание уровня защиты данных, обрабатываемых в ПЦ.

Структура процессингового центра

В любом определении сказано, что процессинговый центр является юридическим лицом или его структурным подразделением, которое обеспечивает взаимодействие информации и специальных технологий между участниками электронных расчетов.

В России же понятие ПЦ, часто применятся к организациям, которые выпускают и обслуживают пластиковые карты, в первую очередь, это организации кредитно-финансовой сферы.

Почти все отечественные банки, выпускающие пластиковые карты, в том числе МИР, организуют свои банковские ПЦ, являющиеся структурными подразделениями, позволяющие осуществлять взаимодействие информации и специальных технологий между участниками электронных расчетов, и проводящие обработку операций с картами внутри своей сети.

Так каждая система расчета банковскими картами учитывает собственные условия для процессинговых центров.

Главным условием любых платежных систем является требование их сертификации их третьей стороны.

ПЦ на территории Российской Федерации должен иметь лицензии от федеральной службы безопасности на деятельность по услугам шифрования данных в международных системах платежей с банковскими картами и должное техническое обслуживание средств шифрования, которые также используются в интернациональных системах платежей.

Периферийное устройство (ПУ), или автоматическая кассовая машина (АТМ), используется для:
- — приема и выдачи бумажных денежных средств;
- — создания документированной информации об операциях с банковскими картами;
- — предоставления информации по текущему счету;
- — проведения электронных платежей.

Главная задача периферийного устройства ПЦ состоит в предоставлении наличных денежных средств и дополнительных услуг, в том числе:
- — учет баланса по банковскому счету;
- — прием денежных средств на депозитный счет;
- — осуществление платежных операций с распечаткой документов;
- — дистанционное обслуживание лицевого счета по карточному субсчету.

У любого устройства ПЦ всегда присутствуют:
- — аппаратное компьютерное средство с многозадачной ОС, тем самым оно классифицируется по первому классу;
- — совмещенное устройство для распознавания и работы с магнитными, оптическими или интеллектуальными картами;
- — устройство для выдачи бумажных денежных средств.

Перечисленные элементы компактно размещены в едином защищенном корпусе.

В ПУ встроены процессор, дисплей (часто сенсорный), блок клавиатуры и устройство для считывания персональных данных с карт владельца. Чтобы пройти идентификацию, пользователь помещает свою карту в специальный приемник — ридер, а с клавиатуры набирает код из 4-х цифр (ПИН-код). Только потом ПУ позволяет открыть сессию для работы в личным кабинетом или выполнить выдачу наличных.

Купюры, предназначенные для выдачи клиенту, держатся в защищенных кассетах, хоть и защищены не так хорошо, как сейфы — их можно вскрыть только при помощи специального оборудования.

Часто на банкоматы устанавливают вспомогательные устройства, которые хоть и увеличивают номинальную стоимость, зато существенно повышают уровень защищенности (web-камеры, оборудование для дистанционной консультации, криптографические средства защиты,

бесперебойным блочным питанием и пр.) В комплекте от производителей включено специальное ПО с базовыми исполнительными модулями для создания систем мониторинга, непосредственно встраиваемых в банкоматы.

Уязвимости периферийного устройства

Уязвимости ПУ логически можно разделить на высокоуровневые и низкоуровневые

Высокоуровневые уязвимости ПУ связаны с проблемами построения защищенных систем, высокоуровневого платежного ПО, расположенного на терминале и промежуточных узлах между терминалом и банком. К данным компонентам ПУ применяются требования международных стандартов пластиковых карточек PCI DSS, PCI PA-DSS. [3]

Требования к криптографической стойкости алгоритмов шифрования, ключей шифрования, процессам начальной загрузки, смене и обновления ключей шифрования, периодам смены операционных и мастер-ключей и др. определены в стандарте PCI PTS.

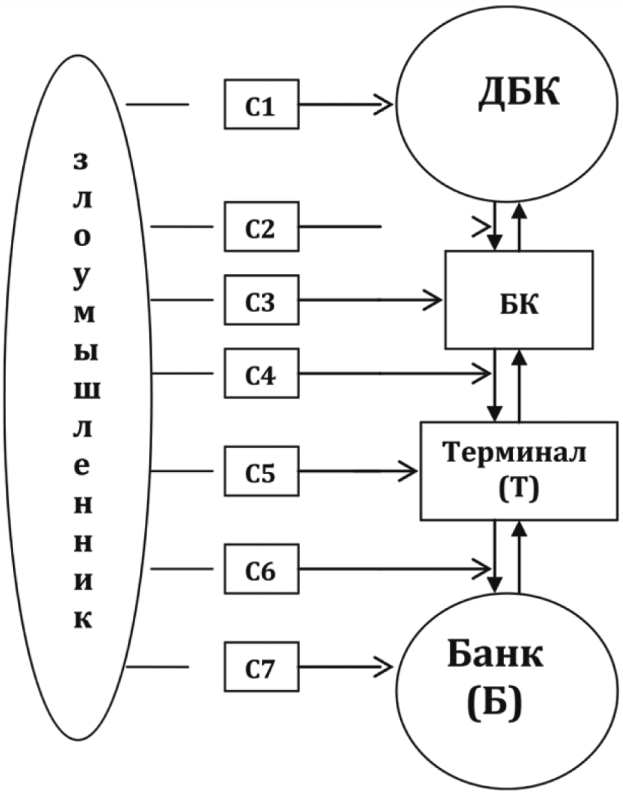


Рис. 1. Группы уязвимостей

Оборудование, взаимодействующие с банковскими картами (БК) и данными БК (ДБК), устройство ввода PIN-кода и чтения БК должно быть сертифицировано в соответствии с требованиями PCI PTS POI, оборудование банка, обрабатывающее транзакции от терминалов, сертифицируется в соответствии с требованиями PCI HSM.

Низкоуровневые уязвимости ПУ связаны с неразвитой культурой владения и использования БК, неразвитыми и малоэффективными методами противодействия мошенничеству основанному на уязвимостях С1 ... С5.

Существует ряд рекомендаций по использованию БК, вводу PIN-кода, однако их эффективность не удовлетворяет современному уровню технических решений по хищению персональной информации ДБК.

Так как низкоуровневые уязвимости напрямую зависят от владельцев БК, никак не затрагивая функциональные возможности ПУ и сетевой среды ПЦ, то их рассмотрение не попадает в рамки темы, которая рассматривается. Другими словами, одна из главных задач сводится к безопасности сетевой передачи данных. [1]

В таблице 1 указаны объекты и относящиеся к ним потенциальные уязвимости.

Уровень безопасности в сети

Все имеющиеся меры, используемые в целях поддержания безопасности сети, состоят из 4 взаимосвязанных уровней:

— сетевой;
— пользовательский;
— транспортный;
— приложений.

Все уровни тесно взаимосвязаны между собой, а в некоторых случаях одни включают в себя другие. Следует обратить внимание, что дифференциация проводилась условно, ведь существуют комплексные системы, в которых указанные выше уровни интегрированы в один цельный.

Однако следует учесть, что все организационные уровни безопасности в сети имеются в любом процессинговом центре, поэтому каждый требует отдельного рассмотрения.

Сетевой уровень безопасности

Текущий уровень включает технические средства, обеспечивающие надежное прохождение информации среди всех зон процессингового центра. На рисунке 2 представлен типовой вариант сетевой схемы ПЦ, где сетевая структура имеет разделение по зонам. Эти зоны взаимоувязаны при помощи специальных технических средств (маршрутизаторов и коммутаторов), которые выполняют роль перераспределяющих элементов сети между зонами. А межсетевой экран (далее МЭ) выполняет роль пограничника, пропускающего входящие и исходящие пакеты. Нередко эти устройства совмещаются в единое устройство, имеющем возможность настройки ограничений пропускной способности траффика.

Таблица 1.

Соотношение уязвимостей объектов

№	Объекты	Уязвимости				
		1	2	3	4	5
1	ДБК	Потеря БК	Сообщение PIN-кода третьим лицам	Потеря БК вместе с PIN-кодом	Смена PIN-кода на заведомо слабый	Хранение PIN-кода вместе с БК
2	ДБК + БК	Передача БК третьим лицам	Использование БК не по назначению	Сообщение номера БК (PAN номера карты) третьим лицам	Сообщение кодов подтверждения / отмены транзакций по БК третьим лицам	Сообщение кодов CVV2,CVC27 третьим лицам
3	БК	Размагничивание данных, хранимых на магнитной полосе БК	Физическое повреждение поверхности БК	Ограниченный срок эксплуатации БК вследствие «слабого» принципа хранения данных	Изменение данных, хранимых на магнитной полосе БК	Отсутствие подписи ДБК на БК
4	БК + ПУ	Скимминговое устройство считывания БК	Накладная клавиатура ввода PIN кода	Видео наблюдение процесса аутентификации — ввода PIN кода БК	Подслушивание нажатий клавиш PIN клавиатуры	Подглядывание процесса аутентификации ввода PIN кода БК
5	ПУ	Подмена терминала	Перехват управления терминалом	Замена устройства считывания БК	Замена клавиатуры ввода PIN кода	Перевод клавиатуры ввода PIN кода в небезопасный режим работы
6	ПУ + ПЦ	Атака «Man in the middle»	Атака типа «Replay»	Небезопасная/ устаревшая технология передачи ключей шифрования	Использование не криптостойких ключей шифрования	Использование не сертифицированного шифрующего оборудования
7	ПЦ	Небезопасная передача PIN кода и БК к ДБК	Небезопасная технология первичного ввода ключей шифрования	Небезопасная/ не сертифицированная технология смены ключей шифрования	Не регламентированные интервалы смены ключей шифрования	Уязвимости в физических модулях безопасности — HSM

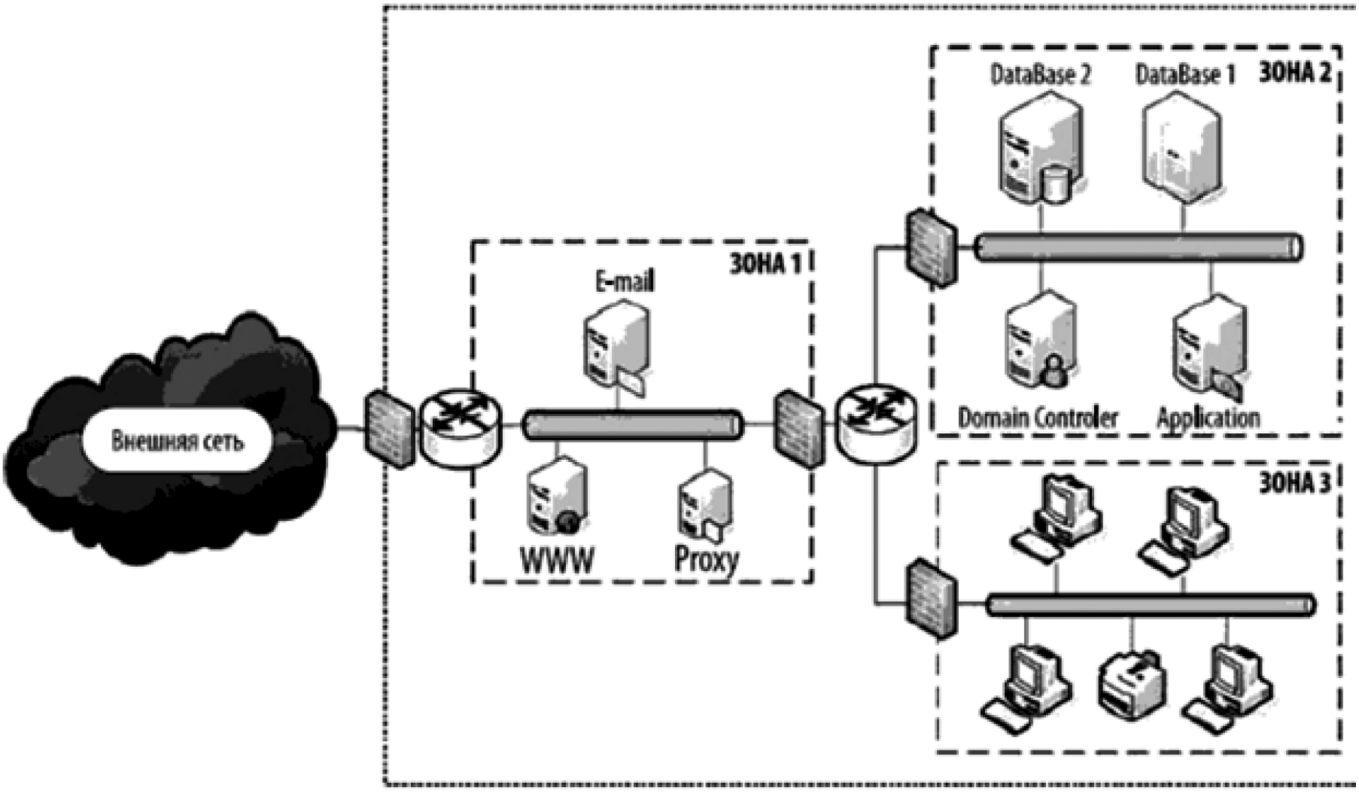


Рис. 2. Сетевая инфраструктура

Такое зональное разделение позволяет не только увеличить уровень защищенности ПЦ, но и сделать удобнее механизм управления списком контроля доступа. Мы видим, что первая зона отвечает за размещение приложений на сервере из вне которая носит название Демилитаризованная Зона или DMZ. Размещенные на сервере приложения могут включать в себе различные службы, начиная от интернет-банкинга, заканчивая электронной почтой. Ограничение доступа к сетевым службам снаружи устанавливается при помощи сетевого экрана, который пропускает только разрешенный администратором траффик.

Во второй зоне располагаются процессинговые серверы, отвечающие за работоспособность всего ПЦ. Здесь хранятся серверы БД, в качестве архива процессов авторизации и ячейки дальнейших счетов. Также здесь размещаются серверы для уровня приложений, обладающие доступом к серверам БД и выполняющих процесс авторизации соединений. Еще в этой зоне могут быть расположены средства накопления отчетной информации и управляющие уровнем доступа приложений серверы. Данная зона наиболее привлекательна для нарушителей, а значит, ее защита будет целью номер 1. Чтобы повысить уровень защиты, следует включить дополнительные МЭ и брандмауэры на каждом средстве. Для наиболее важных элементов требуется установить аудит доступа к данным. Настраивая политику безопасности в серверной зоне, важно отключить или заблокировать доступ ко всем ненужным процессам и второстепенным приложениям, которые могут использоваться как бреши в системе защиты злоумышленниками. Например, у серверов БД должен отсутствовать доступ по сети к ОС. Либо оставить доступ к БД только по защищенным каналам передачи, используя надежные протоколы. Полезными могут быть системы обнаружения вторжений (сканеры портов), которые позволяют преждевременно ограничить сетевой доступ при выявлении потенциально опасных данных в трафике (при попытках осуществления атак на сервер). Наиболее часто атакам подвергаются маршрутизаторы и МЭ. В целях повышения надежности, следует грамотно настроить интерфейс управления. По умолчанию интерфейс без подключений к сети, а настройка с других невозможна.

В третьей зоне находятся места работы сотрудников центра. Она выделена в одну сеть, потому что безопасность управления сотрудниками очень специфична и требует особого контроля. Ведь тут совмещены рабочие места с офисным оборудованием, таким как устройства ввода/вывода бумажной информации, телефонные сети и пр. Для каждого сотрудника должен быть настроен доступ в соответствии с дискреционной политикой безопасности.

Пользовательский уровень безопасности

Что касается безопасности на этом уровне, то она осуществляется путем распределения доступа ко всем ресурсам на основе пользовательских групп.

Каждая ОС настроить разграничение доступа к данным для любого зарегистрированного пользователя или процесса. Значит, любой зарегистрированный пользователь или системный процесс получит строго заданные права на основе должностных инструкций, сформированные и предоставленные в бумажной форме. Удобнее, если у сотрудника будет совмещение ролей и обязанностей. Каждая роль обладает своими полномочиями, в соответствии с которыми открывается доступ.

Служебные процессы можно отнести к пользователю или группе пользователей. Администратором можно назначить целую группу, предварительно включив необходимых пользователей.

Каждый сотрудник должен обладать своей учетной записью, которую он использует для регистрации в сети процессингового центра. И эту же учетную запись можно использовать уже внутри сети для работы с принтером или факсом.

Разрабатывая политику безопасности, каждый сотрудник должен соблюдать правила хранения и использования личных данных для входа в сеть. Требуется заранее прописать условия на запрет передачи паролей третьей стороне. Разрабатывая политику, требуется задать безопасный подход по формированию формы и длинны пароля, сложность и частоту изменения.

Пароли создаются с длинной, равной или превышающей 8 символов, используя разные регистры, буквы и цифры. А частота изменения пароля снижает вероятность его взлома методом подбора. Хорошие результаты на практике показывает и такой метод, как ограничение числа попыток ввода пароля, которое варьируется в диапазоне от 3 до 5).

В качестве дополнительной меры по защите могут использоваться средства идентификации и аутентификации. Например, цифровые сертификаты значительно увеличивают защищенность системы от попыток взлома. А двухфакторная аутентификация дает возможность исключить раскрытие данных учетной записи в случае взлома пароля методом подбора. Еще можно добавить использование биометрических данных в качестве ключей.

Сделав анализ, можно сказать, что безопасность на уровне пользователей является еще одним препятствием для злоумышленника, позволяющее разграничи-

вать ресурсы пользователей в соответствии с политикой безопасности внутри процессингового центра.

Безопасность на транспортном уровне

Если рассматривать следующий уровень — транспортный, то важно заметить, что он лишь выполняет контролирование функций уровня сети на функционирующих узлах приема и передачи в процессинговом центре. Задача этого уровня заключается в проверке целостности всех пакетов данных, их последовательности, маршрута, время отправки и получения, распознавание и фиксацию данных об отправке. Почти все современные угрозы видны здесь как на ладони.

Гарантировать целостность при передаче данных может лишь шифрование служебной и основной информации. Только обладатели секретного ключа получают доступ к зашифрованным данным.

Правда стоит заметить, что данные методы защиты не могут противостоять уничтожению, перенаправлению или задержке передаваемой информации. Чтобы этого избежать, требуется дублировать передачу данных по другим защищенным каналам параллельно.

Безопасность уровня приложений

Перечисленные выше меры существенно повышают безопасность сети.

Однако следует отметить такое понятие как интероперабельность, то есть способность двух или более систем, или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена [4]. Общая модель обеспечения интероперабельности состоит из:

Организационной интероперабельности (интероперабельность бизнес-процессов). Способность систем достигать общих целей на уровне бизнес-процессов.

Семантической интероперабельности. На данном уровне стоит задача описания структур данных, т.е. содержательную сторону обмениваемой информации. Это способность любых взаимодействующих систем одинаковым образом понимать смысл передаваемой информации.

Технической интероперабельности. Описывает вопросы использования общих форматов и протоколов для представления и передачи информации (TCP/IP, UDP, HTTP, SSL).

Отсутствия интероперабельности.

Перечисленные выше меры существенно повышают безопасность сети. Несмотря на защищенное функционирование данных на сетевом и уровне приложений, есть вероятность утечки конфиденциальных данных через дыры в прикладном ПО. Нарушитель может получить доступ к персональным данным, даже не нарушая ни один параметр защиты процессингового центра.

Поэтому, безопасность на данном уровне имеет высокий приоритет из всех компонентов защиты целого процессингового центра.

На вопрос о том, какие меры нужно использовать для защиты, легко ответит международный стандарт PA DSS, который подробно разъясняет все требования к ПО, которое обрабатывает данные карт. Когда был принят данный стандарт, то каждый поставщик стал обязан обладать сертификатом соответствия этому международному стандарту. Сертификат предъявляется в процессе проведения проверки на соответствие требованиям.

Например, одним из таких требований в PA DSS — это отсутствие в открытом виде информации о картах платежных систем (код безопасности CVV2/CVC2, информацию о сроках действия, номера карт и пр.)

Соответственный уровень обеспечения безопасности достигается путем обновлений важных областей ОС и систем БД. Данный шаг позволяет своевременно закрывать бреши.

Следующим шагом является методичное обновление ПО на МЭ и средствах маршрутизации. А при наличии платформ обнаружения вторжений, регулярно обновлять и их базы сигнатур.

Однако не все так просто с обновлениями главных сетевых узлов. Практика показывает, что нередки случаи вывода из строя или временно приостановке деятельности при реализации обновлений. Поэтому с целью снизить такой риск предлагается провести тестирование в безопасной среде (они носят название «песочниц»), где отслеживается реакция системы на данное нововведение. Из-за огромного объема системы ПЦ, проведение тестовых мероприятий часто занимает немало времени, доходя даже до нескольких недель или одного месяца. На стадии такого тестирования, необходимо включить ряд дополнительных мер для поддержания безопасности.

Если же тестирование проводится на серверах системы ПЦ требуется подготовка и осуществление тестирования на соответствующих элементах, для которых разработаны эти обновления. Проведение тестов строго должно проходить один законченный цикл транзакций, во избежание непредвиденных ошибок и сбоев при дальнейшей работе.

Еще одним обязательным компонентом зашиты является установка и функционирование программ поиска вирусной активности. Антивирусы устанавливаются на каждую из рабочих станций центра. Соответственно следует своевременно обновлять базы данных сигнатур.

Особую роль играют отчеты о работе или log-files. Ведь наша система состоит из нескольких больших элементов, поэтому требуется уделять больше внимания именно процессу записи и создания отчетов. На данный момент существует богатый выбор программ, предназначенных для решений в данной области.

Такое ПО осуществляет комплексный сбор и анализ данных по всем источникам:

— любые ОС;
— системы управления БД;
— средства маршрутизации и защиты сетей;
— программы-антивирусы;
— прикладные компоненты.

Заключение

Перечисленный арсенал средств дает возможность не только своевременно устранять бреши в системе защиты, но и предупреждать их. А централизованный сбор информации после аудита доступа к элементам дет возможность составить хронологию атак, с последующим их предупреждением.

Соответственно следует защищать серверную часть централизованного сбора журналов log-файлов. Отчеты с сервера защищаются от модификации и удаления, без требуемых прав доступа. Время хранения этих отчетов для процессингового центра достигает 2–3 месяцев. После архивирования отчетов следует вычислить контрольные суммы с последующим документированием на бумаге.

Можно сделать вывод, что поддержание безопасности процессингового центра выливается в многостороннюю задачу, комплексное решение которой нуждается в тщательном анализе всех данных от этапа разработки до внедрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларионова С.Л. Информационная безопасность дистанционного банковского обслуживания: Учебное пособие. М. Издательство «Прометей», 2022.
2. Положение ЦБ РФ декабрь 2004 г. № 266-П «Об эмиссии банковских карт и об операциях, совершаемых с использованием платежных карт» (ред. от 21 сентября 2006 г.) (Зарегистрировано в Минюсте РФ 25 марта 2005 г. № 6431).
3. Состояние и перспективы защиты персональной информации держателя банковской карты при совершении трансакций через терминал [Электронный ресурс] — https://elibrary.ru/download/elibrary_20248757_23547189.pdf — 27.03.2023
4. Концепция обеспечения интероперабельности в электронной коммерции [Электронный ресурс]— https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-obespecheniya-interoperabelnosti-v-oblasti-elektronnoy-kommertsii — 27.03.23

© Савельев Иван Андреевич (IASavelyev@fa.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.27

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ОРГАНИЗАЦИИ

METHODS AND SYSTEMS OF INFORMATION PROTECTION IN THE ORGANIZATION

E. Salnikov
L. Demidov

Summary: This article is devoted to the study of methods and systems of information protection in the organization. The purpose of the work is to analyze and describe modern methods and information security systems, their effectiveness and applicability in modern conditions, as well as to develop new approaches to ensuring data security in an organization.
To achieve this goal, methods of analyzing scientific literature and opinions of experts in the field of information security were used. The existing information security systems, their advantages and disadvantages, as well as the features of application in various organizations were analyzed.
The main results of the study are as follows: the main problems associated with the use of existing information security systems are analyzed and ways to solve them are proposed; recommendations were developed for the selection and implementation of information security systems in the organization; new methods of information protection based on the use of modern technologies such as artificial intelligence and machine learning are proposed. An analysis of the effectiveness of various protection methods was carried out, advantages and disadvantages were identified. A conceptual model of information security is proposed. Also in the article, special attention is paid to the application of methods and systems of protection in the specific conditions and requirements of the organization.

Keywords: information security, information security systems, cryptographic algorithms, firewalls, identification and authentication systems, biometric technologies, access control systems, security audit.

Сальников Евгений Анатольевич
Доцент-практик, Финансовый университет при правительстве РФ,
EASalnikov@fa.ru
Демидов Лев Николаевич
канд. техн. наук, доцент, доцент,
Финансовый университет при правительстве РФ,
LDemidov@fa.ru

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию методов и систем защиты информации в организации. Цель работы заключается в анализе и описании современных методов и систем защиты информации, их эффективности и применимости в современных условиях, а также разработка новых подходов к обеспечению безопасности данных в организации.
Для достижения поставленной цели были использованы методы анализа научной литературы и мнений экспертов в области информационной безопасности. Были проанализированы существующие системы защиты информации, их преимущества и недостатки, а также особенности применения в различных организациях.
Основными результатами исследования являются следующие: проанализированы основные проблемы, связанные с применением существующих систем защиты информации и предложены способы их решения; разработаны рекомендации по выбору и внедрению систем защиты информации в организации; предложены новые методы защиты информации, основанные на применении современных технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение. Проведен анализ эффективности различных методов защиты, выявлены преимущества и недостатки. Предложена концептуальная модель информационной безопасности. Также в статье особое внимание уделяется применению методов и систем защиты в конкретных условиях и требованиях организации.

Ключевые слова: информационная безопасность, системы защиты информации, криптографические алгоритмы, межсетевые экраны, системы идентификации и аутентификации, биометрические технологии, системы контроля доступа, аудит безопасности.

Введение

В современном мире информация играет огромную роль в жизни людей и организаций. Она стала ключевым ресурсом для развития бизнеса, научных исследований и государственного управления. Однако, с появлением новых технологий и развитием информационных систем, появились и новые угрозы для информационной безопасности. Несмотря на то, что многие компании вкладывают существенные средства в защиту информации, уровень защищенности все еще оставляет желать лучшего. Каждый день в мире происходят тысячи атак на информационные системы, причиняющие серьезный ущерб организациям. Современная организация хранит и обрабатывает большое количество информации, включая конфиденциальные данные о клиентах, партнерах и сотрудниках. Эта информация может стать целью для кибератак и мошенничества, что делает безопасность информации критически важной для успеха бизнеса. Поэтому, информационная безопасность является одним из ключевых аспектов для любой организации.

В современном мире информация является одним из наиболее ценных ресурсов. Компании и организации хранят большие объемы конфиденциальной информации, включая личные данные клиентов, финансовые отчеты, интеллектуальную собственность и т.д. Эта информация может стать целью киберпреступников, которые могут использовать ее для мошенничества, шпионажа или вымогательства.

Примерами нарушений информационной безопасности могут служить следующие случаи. В 2020 году ком-

пания Twitter подверглась масштабной атаке, в результате которой были скомпрометированы аккаунты многих знаменитостей и компаний, их твиты были заменены на сообщения о биткоинах. Это показало, что даже крупным компаниям, имеющим значительные ресурсы для защиты информации, угрозы кибербезопасности могут быть очень серьезными.

В 2017 году компания Equifax стала жертвой крупнейшего в истории утечки конфиденциальных данных. Были украдены личные данные более 147 миллионов человек, включая социальные страховые номера, даты рождения, имена и адреса. Это событие вызвало широкое обсуждение о необходимости повышения мер безопасности в компаниях, работающих с чувствительными данными.

Прежде чем мы перейдем к системам защиты информации, давайте рассмотрим основные типы угроз информационной безопасности, которые могут возникнуть в организации:

1. Вредоносное программное обеспечение (вирусы, черви и т.д.). Вредоносное программное обеспечение может использоваться для получения несанкционированного доступа к системе и украсть конфиденциальные данные или повредить систему.
2. Фишинг и социальная инженерия. Киберпреступники могут использовать фишинговые атаки, чтобы получить доступ к системе путем манипуляции сотрудниками организации.
3. Несанкционированный доступ. Несанкционированный доступ может быть вызван недостаточными мерами безопасности или ошибками в конфигурации системы.
4. Хакерские атаки. Хакеры могут использовать уязвимости в системе для получения несанкционированного доступа.
5. Утечки данных. Утечки данных могут произойти из-за несанкционированного доступа, ошибок сотрудников или других причин.

Таким образом, чтобы защитить информацию от несанкционированного доступа, модификации и уничтожения, необходимо использовать методы и системы защиты информации.

Методы защиты информации могут быть разделены на две категории: методы технической защиты и методы организационной защиты.

Техническая защита информации — это использование технических средств и методов для защиты информации от утечки или несанкционированного доступа. Она включает в себя следующие методы:

Криптография — это наука обеспечения конфиденциальности, целостности и аутентичности информации путем применения различных алгоритмов шифрования. Криптография широко используется для защиты информации в сетях, при передаче данных и хранении информации.

Одним из наиболее эффективных является шифрование данных. Шифрование — это процесс преобразования открытого текста в непонятный для постороннего наблюдателя. Существует множество алгоритмов шифрования, которые позволяют защитить данные от несанкционированного доступа. Шифрование может быть симметричным или асимметричным. Симметричное шифрование использует один ключ для зашифровки и расшифровки информации, в то время как асимметричное шифрование использует пару ключей — открытый и закрытый. Одним из наиболее известных алгоритмов является RSA, который основан на использовании больших простых чисел. Один из практических примеров использования шифрования — это HTTPS-протокол, который используется для защиты передачи данных между веб-сервером и веб-браузером.

Антивирусная защита — это метод защиты, который предназначен для обнаружения и удаления вредоносного программного обеспечения, такого как вирусы, трояны и шпионское ПО.

Фильтрация трафика — это метод защиты, который позволяет блокировать доступ к определенным сайтам или ресурсам, которые могут быть опасными для организации. Фильтрация трафика может быть настроена на уровне маршрутизатора или на уровне приложения. Фильтрация трафика может использоваться для защиты сети от атак DDoS, снижения риска заражения компьютеров в сети вирусами и предотвращения утечки конфиденциальной информации. Примером системы фильтрации трафика является Cisco ASA.

Организационная защита информации — это использование организационных методов для защиты информации от утечки или несанкционированного доступа. Она включает в себя следующие методы:

Обучение сотрудников — это метод защиты, который предназначен для повышения осведомленности сотрудников о безопасности информации. Обучение сотрудников может включать в себя обучение правилам использования паролей, отчетности о нарушениях информационной безопасности, а также знакомство с методами социальной инженерии, которые используются злоумышленниками для получения доступа к информации.

Управление доступом — это метод защиты, который предназначен для ограничения доступа к конфиденциальной информации только тем сотрудникам, кото-

рые должны иметь к ней доступ. Управление доступом может включать в себя применение систем управления доступом, ролевой политики, а также использование методов идентификации и аутентификации пользователей. Аутентификация позволяет убедиться в том, что пользователь, запрашивающий доступ к информации, имеет право на этот доступ. Для аутентификации могут использоваться пароли, отпечатки пальцев, смарт-карты и другие средства. Одним из практических примеров использования системы аутентификации является система двухфакторной аутентификации Google Authenticator.

Резервное копирование — это метод защиты, который предназначен для защиты информации от потери при отказе оборудования или других неожиданных событиях. Резервное копирование может включать в себя создание резервных копий данных на внешние носители, такие как жесткие диски или облако. Один из практических примеров системы резервного копирования — это Veeam Backup & Replication.

Мониторинг — это метод защиты, который предназначен для отслеживания необычной активности в сети и обнаружения возможных угроз. Мониторинг может включать в себя использование системы интеллектуального анализа поведения, которая способна обнаруживать необычную активность и отправлять оповещения сотрудникам ответственным за информационную безопасность. Например, система обнаружения вторжений позволяет обнаруживать несанкционированный доступ к системе. Она анализирует сетевой трафик и действия пользователей, и в случае обнаружения подозрительной активности отправляет уведомление администратору системы. Практический пример системы мониторинга безопасности — это система мониторинга событий Splunk. Еще одним из примеров являются системы обнаружения вторжений (IDS) предназначены для выявления несанкционированного доступа к информации. IDS могут быть разделены на две категории: системы сетевого обнаружения вторжений (NIDS) и системы обнаружения вторжений на уровне хоста (HIDS). Также еще один пример системы обнаружения вторжений — NIDS позволяющие выявлять несанкционированный доступ к информации на уровне сети. Для этого используются анализаторы сетевого трафика, которые отслеживают сетевую активность и выявляют подозрительные пакеты данных. Еще одним примером системы защиты информации может служить SIEM (Security Information and Event Management). Это интегрированная система, которая используется для мониторинга и анализа безопасности в компьютерной сети. SIEM использует логические алгоритмы, чтобы анализировать данные, собранные из различных источников, и выявляет аномальные события и потенциальные угрозы для информационной безопасности.

Системы управления информационной безопасностью организаций — это комплексное решение, которое включает в себя методы и системы защиты информации, процедуры аудита и мониторинга, а также политики и стандарты информационной безопасности. Эти системы обеспечивают надежную защиту информации, управление рисками и соблюдение соответствующих нормативных требований.

Системы управления информационной безопасностью могут включать в себя следующие компоненты:

— Политики информационной безопасности — набор правил и рекомендаций, определяющих требования к защите информации в организации. Политики могут включать в себя требования к паролям, процедуры резервного копирования данных, процедуры аудита и т.д.
— Системы мониторинга и аудита — это программные средства, которые позволяют отслеживать активности пользователей и обнаруживать потенциальные угрозы безопасности. Эти системы могут включать в себя мониторинг сетевого трафика, логирование активностей пользователей и т.д.
— Информационные системы управления безопасностью (ISMS) — это комплексные решения, которые позволяют управлять информационной безопасностью в организации. ISMS включают в себя процедуры управления рисками, процедуры управления доступом, процедуры мониторинга и аудита и т.д.
— Системы управления доступом (Access Control Systems, ACS) — это программные и аппаратные средства, которые позволяют контролировать доступ пользователей к информационным ресурсам организации. Системы управления доступом могут включать в себя авторизацию на основе паролей, биометрическую аутентификацию и т.д.

При выборе системы управления информационной безопасностью необходимо учитывать особенности организации, ее бизнес-процессы и индивидуальные требования к защите информации. Для этого необходимо провести анализ рисков и разработать соответствующие меры по защите информации.

Важным вопросом является рассмотрение различных моделей информационной безопасности, которые могут быть применены при построении системы информационной безопасности.

При создании модели информационной безопасности объектами, которые должны быть защищены, являются объекты информатизации, ресурсы информационной системы, информационные системы, информационные технологии, программные средства, сети связи, автоматизированные системы. В большинстве случаем

защищаемый объект — это носитель информации или информационный процесс.

Модели безопасности посредством системотехнического подхода, дают возможность рассмотреть решение следующих задач:

— выбор, обоснование базовых принципов архитектуры автоматизированных систем;
— подтверждение свойства защищенности системы;
— составления формальной спецификации политики безопасности разрабатываемых систем.

Существует несколько моделей, каждая из которых может ответить на поставленные вопросы.

Рассмотрим подробнее *концептуальную модель безопасности*, которая отвечает на часто задаваемые вопросы и схематично отражает общую структуру модели информационной безопасности, вокруг которой строятся другие модели и концепции информационной безопасности. Для построения концептуальной модели информационной безопасности, независимо от того, насколько проста или сложна информационная система, необходимо ответить, как минимум на три вопроса: что защищать, кого защищать и как защищать. Это минимум, и его может быть достаточно для небольших информационных систем. Однако, учитывая возможные последствия, лучше построить полную концептуальную модель информационной безопасности, для которой необходимо определить:

— Источники информации
— Приоритет или степень важности информации.
— Источники угроз
— Цели угроз
— Угрозы
— Способы доступа
— Направления защиты
— Средства защиты
— Методы защиты.

Наиболее полная концептуальная модель информационной безопасности, общая для всех информационных систем, схематично может быть представлена следующим образом (см. рис. 1).

Концептуальную модель информационной безопасности принято делить на несколько различных уровней. Во многих случаях достаточно двух уровней. Более высокий организационно-управленческий уровень, который охватывает организацию в целом и информационную систему предприятия, и более низкий сервисный уровень, который относится к отдельным подсистемам и различным сервисам самой информационной системы.

Концепции и программы верхнего уровня возглавляются лицом, непосредственно ответственным за информационную безопасность организации. В небольших организациях это, как правило, руководитель самой организации. В более крупных организациях эту ответственность несет непосредственно руководитель отдела информационных технологий или, если создан отдельный отдел информационной безопасности, руководитель этого отдела.

Программы безопасности верхнего уровня должны включать следующие стратегические цели:

1. Стратегическое планирование
2. Разработку и исполнение политики в области информационной безопасности
3. Оценка рисков и управление рисками
4. Координация деятельности в области информационной безопасности
5. Контроль деятельности в области ИБ.



Рис. 1. Концептуальная модель информационной безопасности

Основная цель или видение программы нижнего уровня заключается в обеспечении надежной и экономически эффективной защиты информационных подсистем и сервисов.

На этом уровне принимаются решения о том, какие механизмы, средства и методы защиты использовать, закупаются и устанавливаются аппаратные средства, внедряется текущий контроль, осуществляется мониторинг всей системы информационной безопасности и отслеживание слабых мест, а также проводится начальное обучение персонала.

Обычно программами нижнего уровня занимаются ответственные менеджеры по информационной безопасности, системные администраторы и менеджеры, а также менеджеры служб. Наиболее важным действием на этом уровне является оценка важности как самой службы, так и обрабатываемой через нее информации.

Таким образом, создание концептуальной модели информационной безопасности призвано дать ответы на общие вопросы и в то же время схематично отразить общую структуру модели, на которой строятся другие модели и концепции информационной безопасности. В то же время реализация концептуальной модели информационной безопасности предполагает создание нескольких уровней. Как правило — это сервисный и организационно-управленческий уровень.

Концептуальная модель определяет процесс разработки методических рекомендаций для ее реализации, которые составляют основу информационной безопасности. После разработки концептуальной модели можно построить *математическую и функциональную модель информационной безопасности*.

Математические и функциональные модели напрямую связаны между собой. Математическая модель — это структурное описание сценария в виде логического алгоритма, представленного последовательностью реакций на действия нарушителя.

Рассчитанные количественные значения параметров модели характеризуют процесс взаимодействия нарушителя и системы защиты, а также функциональные зависимости, описывающие возможные результаты действий.

Данный тип модели чаще всего используется для количественной оценки уязвимости объекта, построения алгоритмов защиты для оценки рисков и эффективности реализуемых мер.

Эти модели должны быть построены с учетом следующих ключевых соображений:

— выбор математически строгих критериев оценки оптимальности системы защиты информации для конкретной архитектуры информационной системы;
— четкая математическая формулировка задачи моделирования защиты информации, позволяющая построить защиту информации в соответствии с этими критериями с учетом заданных требований к системе защиты.

На практике очевидно, что такие численные оценки невозможно провести без использования методов математического моделирования, поскольку мы сталкиваемся с многочисленными рисками угроз безопасности.

В зависимости от целей и решаемой проблемы можно построить ряд математических моделей и применить их к информационной безопасности на этапе проектирования системы информационной безопасности для оценки ее эффективности.

Перед разработкой и внедрением любой модели необходимо обратить внимание на следующие свойства:

— Ограниченность. Любая модель отражает только те свойства, которые необходимы для решения поставленной в модели задачи с определенной степенью точности. Поэтому важно знать границы применимости модели и способы работы с ней. Эти свойства характеризуют достаточность модели для решения задачи.
— Итеративность. Любая модель представляет только те свойства моделируемой системы, которые известны создателю модели. Если появляются новые, ранее неизвестные характеристики, модель должна быть модифицирована (не обязательно подразумевает изменение). Эта характеристика подразумевает, что модель должна быть изменена для решения проблемы.

Таким образом еще одним важным вопросом при построении модели информационной безопасности или системы является их жизненный цикл, который включает следующие этапы (см. рис. 2).

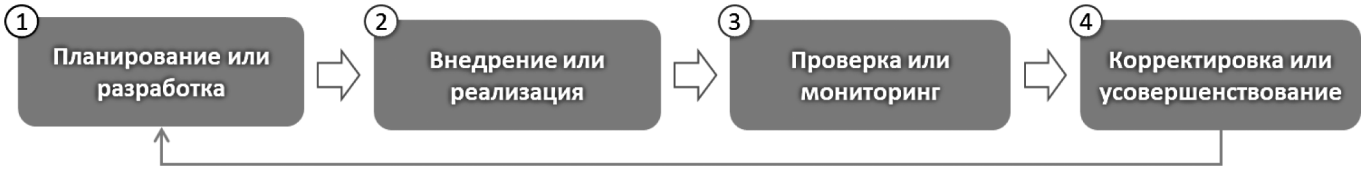


Рис. 2. Жизненный цикл модели безопасности

Конечно, недостаточно просто построить систему информационной безопасности, применяя различные модели; необходимо соблюдать жизненный цикл этой системы. Важно не упустить ни одного важного момента. Это обеспечит минимальный (базовый) уровень информационной безопасности, который является обязательным для любой информационной системы.

Практические примеры

Рассмотрим несколько примеров использования систем защиты информации в реальных компаниях.

- JPMorgan Chase — один из крупнейших банков в США — использует множество систем защиты информации, чтобы предотвратить угрозы информационной безопасности. Компания использует систему обнаружения вторжений, которая позволяет отслеживать подозрительную активность в системе, а также множество систем аутентификации и шифрования для защиты конфиденциальных данных клиентов.
- Google — одна из крупнейших компаний в мире, которая хранит огромное количество информации о своих пользователях. Компания использует множество систем защиты информации, включая системы мониторинга, которые позволяют обнаруживать подозрительную активность, и системы аутентификации, которые обеспечивают безопасный доступ к данным.
- Lockheed Martin — американская компания, которая занимается разработкой и производством изделий в области аэрокосмической и оборонной промышленности. Компания использует множество систем защиты информации, включая системы мониторинга и системы аутентификации, а также системы защиты от внешних угроз, такие как DDoS-атаки.
- Apple — крупнейший производитель электроники, хранящий огромное количество конфиденциальной информации о своих пользователях. Компания использует множество систем защиты информации, включая системы мониторинга и аутентификации, а также шифрование данных, чтобы предотвратить доступ к конфиденциальной информации.
- Target — крупнейшая американская розничная сеть — стала жертвой одного из самых серьезных нарушений информационной безопасности в истории. В 2013 году хакеры получили доступ к базе данных, содержащей информацию о 40 миллионах клиентов Target. В результате компания потеряла миллионы долларов и подверглась сильной критике со стороны общественности. Этот инцидент подчеркивает важность систем защиты информации и показывает, что даже крупные компании могут стать жертвами кибератак.

В качестве практических примеров можно привести реализацию системы защиты информации в банковской сфере. Банки используют множество методов и систем защиты информации, чтобы защитить своих клиентов от мошенников и несанкционированного доступа к их финансовым средствам. Например, при доступе к интернет-банкингу клиента требуется ввести логин и пароль, после чего на мобильный телефон клиента отправляется код подтверждения. Также банки могут использовать системы обнаружения вторжений, чтобы защитить свои сети от хакерских атак.

Еще одним примером может служить компания, которая занимается разработкой программного обеспечения. Компания может использовать шифрование данных для защиты их кода программы от несанкционированного использования. Также они могут использовать системы контроля доступа, чтобы ограничить доступ к их разработкам только для авторизованных пользователей.

Перспективы защиты информации

Современные организации находятся под постоянным воздействием угроз информационной безопасности, таких как кибератаки, вирусы, трояны и многие другие. Информационная безопасность становится все более важной для организаций, поскольку любые нарушения безопасности могут привести к серьезным последствиям, таким как потеря конфиденциальной информации, нарушение бизнес-процессов, штрафы и репутационный ущерб.

В свете этих угроз организации постоянно ищут новые методы и системы защиты информации. В будущем методы и системы защиты информации будут становиться все более сложными и интегрированными, чтобы противостоять новым и более утонченным угрозам.

Системы защиты информации будут включать в себя множество технологий, таких как защита от вирусов и других вредоносных программ, защита от кибератак, шифрование данных, управление доступом и многое другое. Важно отметить, что системы защиты информации не ограничиваются только техническими методами, такими как защита от вирусов и кибератак, но также включают в себя управление рисками, обучение сотрудников и управление процессами.

Заключение

Информационная безопасность является одним из важнейших аспектов в управлении информационными технологиями в современных организациях. В статье рассмотрены основные методы и системы защиты информации, такие как шифрование данных, авторизация

и аутентификация пользователей, системы обнаружения вторжений и системы управления информационной безопасностью. Для обеспечения надежной защиты информации необходимо использовать комплексный подход, который включает в себя применение нескольких методов и систем защиты. Кроме того, необходимо проводить регулярный анализ рисков и обновлять системы защиты, чтобы минимизировать возможность возникновения угроз безопасности. Важно отметить, что методы и системы защиты информации не являются универсальными и должны выбираться и настраиваться индивидуально для каждой организации в зависимости от ее особенностей и потребностей.

Информационная безопасность является важной темой для организаций любого масштаба и является неотъемлемой частью успешной работы. Несоблюдение мер безопасности может привести к серьезным последствиям, таким как утечки данных, нарушение правил конфиденциальности и репутационный ущерб. Успешные применения информационных средств на практике показывают, что использование этих методов и систем может эффективно защитить информационные ресурсы организации от угроз и утечек данных.

Для обеспечения эффективной защиты информации необходимо использовать комплексный подход, включающий в себя как технические, так и организационные меры, а также регулярно проводить анализ рисков и обновлять системы защиты. Приведенные практические примеры, которые показывают, что системы защиты информации являются неотъемлемой частью бизнес-стратегии в настоящее время.

В будущем, они будут становиться все более сложными и интегрированными, чтобы противостоять новым и более утонченным угрозам. Организации должны постоянно совершенствовать свои методы и системы защиты информации, чтобы уменьшить риски и защитить свои активы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолова, Л.И. Организационная защита информации в организации / Л.И. Богомолова // Информационные технологии и вычислительные системы. — 2016. — № 2. — С. 32–39.
2. Семенов, А.И. Применение систем управления доступом для защиты конфиденциальной информации / А.И. Семенов // Компьютерные сети и информационная безопасность. — 2015. — № 1. — С. 45–50.
3. Павлова, О. Организационные аспекты информационной безопасности предприятия. М.: Издательство «Лань», 2019.
4. Миронов, А. Информационная безопасность предприятий: защита информации и борьба с киберугрозами. М.: Издательство «Проспект», 2020.
5. Cavelty, Myriam Dunn; Mauer, Victor (2016). "Cybersecurity in Switzerland". Handbook of Cyber-Development, Cyber-Democracy, and Cyber-Defense. Springer International Publishing. pp. 305–329.
6. Kizza, J.M. (2016). Guide to computer network security. Springer.
7. Pfleeger, C.P., & Pfleeger, S.L. (2015). Security in computing. Pearson.
8. CIS Controls. Center for Internet Security. https://www.cisecurity.org
9. Symantec. (2021). Security Center. https://www.symantec.com
10. Google. (2021). Google Authenticator. https://support.google.com
11. Splunk. (2021). Security Information and Event Management (SIEM). https://www.splunk.com/
12. Veeam. (2021). Backup & Replication. https://www.veeam.com

© Сальников Евгений Анатольевич (EASalnikov@fa.ru); Демидов Лев Николаевич (LDemidov@fa.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.28

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕВЫХ МЕТРИК ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТА ПО ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИКИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОДАЖЕ АВТОЗАПЧАСТЕЙ

Семенов Илья Алексеевич
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия
semenov_ilya_01@mail.ru
Юдовский Владислав Юрьевич
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия
me@yudovlad.ru
Ермаков Максим Дмитриевич
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия
ma.ermakov88@gmail.com
Чобанян Самвел Андраникович
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия
sam.chobanyan1996@mail.ru
Демидов Лев Николаевич
доцент, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия
LDemidov@fa.ru

DETERMINATION OF TARGET METRICS TO ASSESS THE EFFECTIVENESS OF THE IMPLEMENTATION OF AN INFORMATION TECHNOLOGY PROJECT TO OPTIMIZE LOGISTICS AT AN AUTO PARTS SALES ENTERPRISE

I. Semenov
V. Yudovskiy
M. Ermakov
S. Chobanyan
L. Demidov

Summary: This article discusses a new system of balanced scorecards, the metrics of which increase the effectiveness of decision-making on the quality development of the IT landscape in the organization in question. The authors of the article not only gathered standard metrics in one system, but also developed their own, which takes into account the specifics of business, its characteristics and specific problems. This will help to get a complete overview of the results of implementing new systems or changes in existing ones.

Keywords: IT management, management, logistics, business process optimization, data analysis, cost optimization, logistics solutions, delivery speed, market share of sales, delivery reliability, acceptable number of delivery days, project management, balanced score, NOS.

Аннотация: В статье рассматривается новая система сбалансированных показателей, метрики которой повышают эффективность принятия решений о качественном развитии ИТ-ландшафта в рассматриваемой организации. Авторы статьи не только собрали в одной системе стандартные метрики, но и также разработали собственную, которая учитывает специфику бизнеса, его особенности и конкретные проблемы. Это поможет получить полный обзор результатов внедрения новых систем или изменений в существующих.

Ключевые слова: ИТ-менеджмент, менеджмент, логистика, оптимизация бизнес-процессов, анализ данных, оптимизация затрат, логистические решения, скорость доставки, рыночная доля продаж, надежность доставки, допустимое число дней доставки, управление проектами, сбалансированный показатель, NOS.

Введение

Мировые тенденции быстрого развития коммерческого сервиса и ИТ-стандартов вынуждают бизнес реагировать с такой же скоростью, когда перед развивающимися компаниями встаёт яркая необходимость постоянного совершенствования применяемых в их ИТ-ландшафте инновационных ИТ-решений. В свою очередь, для более качественного планирования разработки и интеграции таких комплексных решений, необходимо позаботиться о детальной проработке входящих в них ИТ-компонентов и процессов, что является непростой задачей для многих компаний. Усложнённые ИТ-процессы требуют специальных навыков и экспертных знаний для обеспечения их успешного завершения. Хотя наличие расширенных знаний относительно технологических процессов имеет высокое значение, этого недостаточно для наиболее эффективного и качественного управления ИТ-проектами. Возвращаясь к описанию проблематики внедрения комплексных ИТ-решений

в рамках тех или иных организаций, важно уточнить, что процесс реинжиниринга той или иной части технологической инфраструктуры предприятия требует правильно выстроенных процессов, которые четко отвечают не только бюджету и временным ресурсам, но и целям и задачам, а также не противоречат перспективам будущего развития. Сегодня в сфере продаж автомобильных запчастей на первый план выходят клиентоориентированность и скорость доставки. Это высококонкурентная сфера, где клиент при прочих равных будет выбирать скорость цене, а зачастую — и качеству. Поэтому, при реинжиниринге такого предприятия, важно учитывать долгосрочные последствия того или иного управленческого решения. Мгновенный прирост прибыли может отразиться в снижении лояльности клиентов, а затем и потере постоянных клиентов. Именно поэтому важно обладать навыками и компетенциями в области составления профессиональной экспертизы, так как она является основой выстраивания успешной и эффективной системы управления высокотехнологичных проектов.

Это ещё раз доказывает, что в современном мире, где потребители всё более взыскательны к качеству обслуживания, оптимизация процессов доставки товаров с сохранением прежней стоимости становится критически важным фактором для успеха компании. В условиях острой конкуренции и растущих ожиданий клиентов, компании, которые не могут предложить быстрое и эффективное обслуживание, рискуют потерять своих потребителей в пользу конкурентов. Поэтому создание соответствующих метрик, позволяющих отслеживать и управлять скоростью доставки товаров, является необходимым условием для успешной работы любой компании в сфере продаж, особенно для организации, занимающейся продажей автомобильных запчастей, ведь зачастую клиент сталкивается с острой необходимостью быстрой замены той или иной детали, соответственно компания, которая в сжатые сроки и в приемлемую цену может удовлетворить потребность покупателя, становится более предпочтительной на фоне конкурентов, что ведет к повышению лояльности со стороны клиентов и увеличению прибыли в будущем соответственно. На данный момент единственным источником, который хоть как-то может дать оценку качества предоставляемой услуги и ее эффективности у большинства компаний является обратная связь со стороны клиента, и отсутствие каких-то конкретных данных, которые могли бы наглядно указать на проблему нет, что не позволяет компании совершенствовать процесс доставки ввиду отсутствия объективных показателей. И для более грамотного управления процессом доставки внедрение новых метрик является необходимым шагом как для совершенствования процесса доставки, так и деятельности организации в целом. Получение новых данных позволит компании выявить проблемные зоны и оптимизировать процесс обработки заказов, чтобы сократить время ожидания клиентов и собственные издержки. Особенную актуальность проводимому исследованию добавляет всё более нарастающая проблематика ухудшения качества доставки продукции, с чем сталкиваются всё большее число компаний на фоне разрушающихся логистических цепочек поставок. Новая предлагаемая в статье система сбалансированных показателей, а также инновационная метрика, описанная далее значительно расширяет инструментарий менеджеров по борьбе с актуальными сегодня проблемами: низкими скоростью и качеством доставки товара от продавца до потребителя.

Таким образом, целью данной статьи является обоснование новой и более инновационной сбалансированной системы целевых метрик, которую можно будет использовать при внедрении информационно-технологических систем, что значительно улучшит ситуацию в рамках рассматриваемых компаний, по сравнению с ранее применяемыми ими способами оценки их деятельности.

Методология: расставление приоритетов целевых метрик, их расчет

Некоторые целевые метрики подлежат различной трактовке при различиях в «конъюнктуре» в бизнесе в определенный момент времени, поэтому сначала рассмотрим однозначный показатели.

Авторы данной статьи уверены, что рассмотрение средних цен на товары в отрыве от среднего срока доставки и наоборот не имеет смысла при анализе, поэтому предлагают сбалансированный показатель — *средняя скорость доставки, взвешенная на средних ценах*. Приведем его формулу:

$$k = \frac{S}{p \cdot \frac{1}{t}}. \quad (1)$$

Где:

k — искомый коэффициент

S — средняя скорость доставки в днях

p — средняя цена на все товары

t — желаемое максимально допустимое число дней доставки

Таким образом, чем больше средняя скорость доставки и чем меньше цена, тем выше будет коэффициент. Если же цена слишком высока, то коэффициент будет снижаться, даже если скорость доставки будет высока. Проинтерпретируем работу формулы с точки зрения взаимоотношения клиента и бизнеса: клиент готов жертвовать временем, только если время ожидания будет допустимым в его конкретной ситуации. При этом, в случае приоритета скорости доставки, цена не должна заставить клиента рассмотреть товары в наличии у конкурента. Рассмотрим пример на цифрах:

Пусть средняя скорость доставки в днях = 5 дней, средняя цена равна 200 у.е., а максимально допустимое число дней доставки в компании установлено на уровне 10. Тогда *k* примет значение 0,25.

Пусть мы можем предложить средние сроки доставки около 3 дней за среднюю цену в 550 у.е. Тогда *k* примет значение 0,05, что менее выгодно, потому имеет смысл в приоритете предлагать клиенту первый вариант.

Следующий показатель, подлежащий рассмотрению — «рыночная доля продаж» [1]. Его формула приведена ниже:

$$VaS,\% = \frac{S}{S + S_{comp}} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Где:

VaS, % — искомый коэффициент;
S — продажи продукции за определенный период;
S_{comp} — продажи конкурентов за определенный период.

Стоит заметить, что данный показатель не всегда возможно определить напрямую. Это возможно, когда клиенты (дистрибьюторы) предприятия, предоставляют данные о своих продажах в тех или иных сегментах не только вашей продукции, но и продукции конкурентов. В иных случаях, возможно определять этот показатель исключительно по косвенным признакам, например отчетности «дистрибьюторов» и получать приблизительные данные по продажам конкурентов, ориентируясь на примерные общие доли рынка.

В эту же категорию показателей, которые не всегда поддаются подсчету, можно отнести показатели «Sell-Out», «NOS» (Net Outside Sales).

Причин для этого много: В большинстве предприятиях покупки клиентов в той или иной степени обезличены и нельзя наверняка определить покупки одного и того же лица. Кроме того, предприятия ограничены возможностями своих партнеров по обмену данными продаж, которые нужны для подсчета некоторых метрик.

Рассмотрим далее показатель «*надежность доставки*» [2]. Для подсчета такого показателя, необходимо помимо прочих колонок в данных о продажах иметь колонки: *обещанное время доставки (дней), фактическое время доставки(дней), соблюдение критерия (булево)*.

Теперь рассмотрим метрики, которые не всегда могут трактоваться однозначно. Среди них — «показатель *прибыли*» [3], а также показатель «*наполненности склада*» (в денежном выражении) [4]. Например, слишком большая стоимость товаров, которые находятся на складе, может свидетельствовать о снижении текущих продаж, а низкая прибыль — о направлении достаточно большой доли на выплату дивидендов.

Решение данной проблемы есть — рассматривать данные показатели в сравнении со значениями прошлого года, прошлого выбранного периода и так далее. Это позволит подкрепить абсолютные цифры анализом тенденций рынка.

На этом мы завершаем сбор целевых метрик и переходим к средствам по их анализу и визуализации. Не всегда табличная или текстовая форма удобны для восприятия, поэтому авторами статьи предлагается использование лепестковой диаграммы для наблюдения картины.

Определим для компании «А» идеальные (недостижимые) показатели такие как:
- Коэффициент средней скорости доставки, взвешенной на средних ценах = 1;
- Рыночная доля продаж = 100 % (монополия);
- Sell-Out = 1 млрд руб.;
- NOS = 2 млрд руб.;
- Надежность доставки =100 %.

Предположим, что компания «А» определила для себя «таргеты» по данным показателям:
- Коэффициент средней скорости доставки, взвешенной на средних ценах = 0,6;
- Рыночная доля продаж = 45 %;
- Sell-Out = 0,7 млрд руб.;
- NOS = 0,8 млрд руб.;
- Надежность доставки = 94 %.

А по результатам года компания «А» получила следующие фактические показатели:
- Коэффициент средней скорости доставки, взвешенной на средних ценах = 0,48;
- Рыночная доля продаж = 32 %;
- Sell-Out = 0,8 млрд руб.
- NOS = 0,9 млрд руб.
- Надежность доставки =96 %.

Визуализируем полученные результаты исследования с помощью наиболее наглядного и простого для понимания инструмента визуализации «Лепестковая диаграмма», который позволяет: сравнить комплексно по набору критериев в целом: лучше какого-то порогового (среднего, контрольного) значения или нет, и одновременно можно проанализировать отклонение по каждому из рассматриваемых критериев. Результат визуализации отображён на рисунке 1.

Данная диаграмма может содержать значительно большее количество метрик, что обеспечивает возможность увидеть всю систему сбалансированных показа-

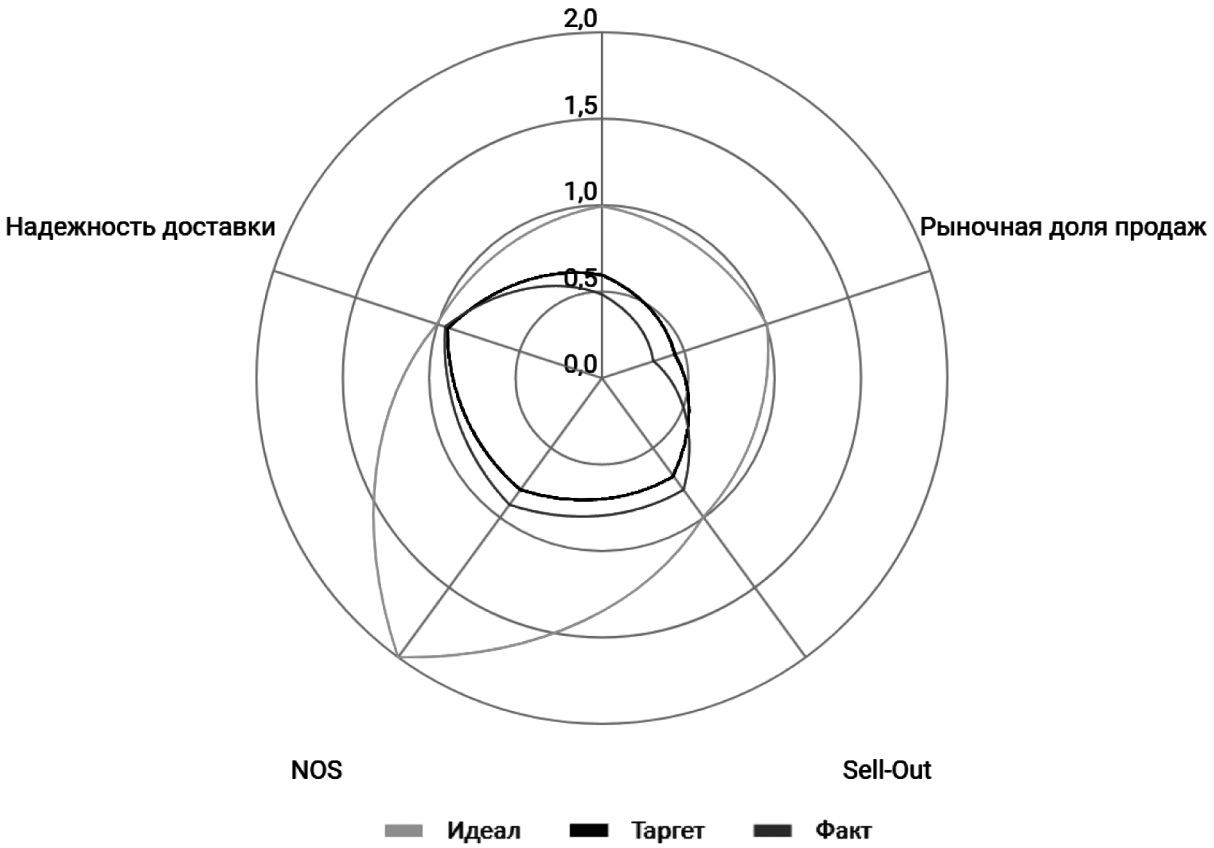


Рис. 1. Визуализация проанализированных данных с помощью инструмента «Лепестковая диаграмма»

телей и учитывать все аспекты бизнеса одновременно, чтобы принимать взвешенные решения и достигать максимальной эффективности в управлении ИТ-проектами в рамках рассматриваемого предприятия.

В целом, очевидно, что представленные в статье инновационные система сбалансированных показателей и метрика для оценки качества и сроков доставки продукции до потребителя, открывают новые возможности для улучшения бизнес-процессов рассматриваемой компании. При этом важно учесть взаимосвязь ИТ и бизнес составляющих рассматриваемой в статье темы. Для этого стоит указать наиболее актуальные ИТ-решения, которые могут быть реализованы с помощью изучения текущего ИТ-лашдшафта и организации бизнес-процессов в организации через использование описанных в статье инновационных средств.

Одним из таких решений может быть разработка усовершенствованной платформы, которая позволит автоматизировать процесс сбора, хранения и анализа данных о качестве продукции и сроках ее доставки. Например, такая платформа может включать в себя каркас, взятый в классической информационной логистической системе, например: мониторинг процесса транспортировки продукции в режиме реального времени, а также проводить анализ качества доставки продукции благодаря расчёту собранных данных с помощью описанной в основной части инновационной метрики, выведенной авторами данной статьи.

Другим примером ИТ-решения, качественно улучшающего инструментарий компаний, может быть разработка проекта на основе персонализированного подхода к потребителю. Например, компании могут использовать данные о предпочтениях и потребностях своих клиентов для разработки персонализированных предложений и схем доставки, что позволит улучшить уровень сервиса и повысить лояльность клиентов, когда компании будут анализировать все собираемые данные с помощью инновационных методов, таких как автоматизированные системы консультирования клиентов, реализованные через сайт рассматриваемой компании благодаря применению технологической архитектуры предприятия и внедряемого в неё каркаса такого помощника на основе технологии GPT-3 (4+).

Также, учитывая ранее рассмотрение возможности применения активно развивающихся нейросетей и технологий искусственного интеллекта, можно привести дополнительный пример доступного к внедрению ИТ-решения через использование технологий машинного обучения для автоматического прогнозирования показателей качества и сроков доставки продукции. Например, на основе анализа количественных и качественных данных о доставке продукции можно разработать

алгоритмы, которые будут предсказывать возможные проблемы в производственном процессе или задержки в доставке. Такая система прогноза, построенная на основе машинного обучения так же, может быть настроена для применения инновационных метрик, описанных в основной части статьи для расчётов, проводимых описанной системы.

Все эти ИТ-решения могут быть реализованы на основе технологий, разработка которых будет учитывать методологическую базу, описанную авторами этой статьи, где была разработана и обоснована инновационная система сбалансированных показателей, а также метрики для оценки качества и сроков доставки продукции до потребителя, что позволит улучшить эффективность бизнес-процессов и повысить конкурентоспособность компаний на рынке через разработку соответствующих технологических решений для развития их ИТ-ландшафта.

Заключение

В заключение, данная статья подчеркивает важность определения целевых метрик при управлении информационно-технологическими проектами в логистике. Однако, авторы также указывают на то, что некоторые показатели могут быть подвержены различной трактовке в зависимости от конъюнктуры бизнеса в определенный момент времени. В связи с этим, предлагается использовать более сбалансированный показатель, который учитывает как скорость доставки, так и ценовую политику предприятия — коэффициент, выраженный через среднюю скорость доставки, взвешенную на средних ценах, чтобы учитывать как ценовой, так и временной (желаемое максимально допустимое число дней доставки) факторы. Кроме того, авторы также рассматривают другие показатели, которые могут быть сложны для подсчета, но остаются важными для анализа и управления проектами, такие как Sell-Out, NOS и коэффициент возврата клиентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котлер Филип, Армстронг Гари, Вонг Вероника, Сондерс Джон. Основы маркетинга, 5-е европейское изд.: Пер. с англ — М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2013. — 752 с.
2. Логистика и управление цепочками поставок: как сократить затраты и улучшить обслуживание потребителей / М. Кристофер. — М. [и др.]: Питер, 2004 (ГП Техн. кн.). — 315 с.
3. Дорман, В.Н. Коммерческая организация: доходы и расходы, финансовый результат: учебное пособие / В.Н. Дорман. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 108 с URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/40694/1/978-5-7996-1720-2_2016.pdf
4. Маликова, Т.Е. Склады и складская логистика: учебное пособие для вузов / Т.Е. Маликова. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 157 с. URL: https://urait.ru/book/sklady-i-skladskaya-logistika-520086

© Семенов Илья Алексеевич (semenov_ilya_01@mail.ru); Юдовский Владислав Юрьевич (me@yudovlad.ru);
Ермаков Максим Дмитриевич (ma.ermakov88@gmail.com); Чобанян Самвел Андраникович (sam.chobanyan1996@mail.ru);
Демидов Лев Николаевич (LDemidov@fa.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.30

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ

SYSTEMS THINKING IN RISK MANAGEMENT

V. Tushavin

Summary: The article considers a systematic approach to risk management of a manufacturing enterprise. It proposes a methodology based on ensuring business continuity using the tools of the theory of constraints. An approach to constructing current reality trees using the DOT graph description language is considered.

Keywords: risks, systems approach, systems engineering, theory of constraints, TOC.

Тушавин Владимир Александрович
доктор технических наук, профессор,
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
tushavin@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается системный подход к управлению рисками производственного предприятия. Предлагается методика, основанная на обеспечении непрерывности бизнеса с использованием инструментов теории ограничений. Рассмотрен подход к построению деревьев текущей реальности с помощью языка описания графов DOT.

Ключевые слова: риски, системный подход, системная инженерия, теория ограничений.

Введение

Современный менеджмент немыслим без риск-ориентированного подхода, да и сама предпринимательская деятельность, в соответствии со ст. 2 Гражданского кодекса Российской Федерации, является *осуществляемой на свой риск*. Иными словами, риски имманентны по своей природе предпринимательской деятельности в целом, и производственной деятельности, в частности.

Под системным мышлением обычно понимают способность или умение решать проблемы в сложной системе. Системное мышление фокусируется на понимании того, как взаимосвязаны подсистемы и ресурсы системы, и выявлении взаимозависимостей подсистем в контексте организации. Другими словами, оно обеспечивает понимание организации и ее систем в целом.

В настоящее время сложилась ситуация, когда большинство организаций рассматривают ИТ-риск независимо от корпоративного управления рисками и пытаются интегрировать их как нечто второстепенное. Такой подход создает очевидные пробелы в результатах оценки риска, а когда риск материализуется, организация может столкнуться с неожиданными последствиями. Системное мышление может помочь организациям преодолеть эту проблему.

Следует отметить, что классическая процессная методология, включающая в себя описание входов, процессов, выходов и контуров обратной связи, не может полностью раскрыть философию риск-менеджмента, поскольку риск — это нечто иное. Он связан с неопределенностью, вероятностью или непредсказуемостью, а также с планированием действий на случай непредвиденных обстоятельств. Действительно, сам термин «управление рисками» вводит в заблуждение, поскольку управление подразумевает некий контроль над событиями. На практике управление рисками следует рассматривать как заблаговременную подготовку к возможным событиям, а не реагирование на них по мере их наступления. Имея в распоряжении время, можно определить альтернативные планы действий и выбрать тот, который наиболее соответствует поставленным целям. Поэтому управление рисками рассматривается как формализованный процесс, в ходе которого факторы риска систематически выявляются, оцениваются и предусматриваются. Другими словами, такие положения представляют собой планирование ответных мер и могут включать в себя такие защитные действия, как смягчение рисков путем их избегания, отклонения путем страхования или договорных соглашений, а также условное планирование, такое как предоставление и разумное управление заложенными в бюджет резервами на случай непредвиденных обстоятельств для покрытия неопределенностей. Именно поэтому в современном подходе к управлению рисками наблюдается сдвиг парадигмы от процессного подхода к подходу, основанному на принципах.

Системное мышление и управление рисками

Вот некоторые базовые идеи, вытекающие из системного подхода, на которые следует обратить внимание при внедрении управления рисками предприятия:

Система состоит из частей, поэтому уязвимости, вносящие неопределенность, могут привести к риску как для системы в целом, так и для ее частей. Любое изменение в частях системы может изменить состояние риска и повлиять на риск других частей.

Система рассматривается как сумма ее частей, однако множество систем на предприятии могут зависеть друг от друга. Поэтому, даже если все системы анализируются независимо на предмет влияния риска и вероят-

ности риска, анализ всех систем в совокупности (агрегирование рисков) может показать другое влияние риска и вероятность риска для организации из-за взаимозависимости систем.

Система имеет границу, а субъекты внутри системы имеют доступ к ее ресурсам. Воздействие риска определяется изменением состояния ресурсов (например, данных) в результате действий пользователей внутри системы.

Система может быть вложена в другую систему, и риск, существующий для вложенной системы, может оказать нелинейное и неожиданное воздействие на систему, в которую она встроена.

Система может пересекаться с другой системой.

Система проходит жизненный цикл. Эксплуатация и техническое обслуживание являются основными частями жизненного цикла. Начало и прекращение деятельности системы может быть вызвано оценкой риска.

Система привязана к среде организации и может быть расположена не в том же месте, что и бизнес-функция. Это может привести к тому, что региональные и географические факторы будут влиять на результаты оценки риска.

Система получает входные данные от организации и отправляет выходные данные в организацию, в результате чего риск может распространяться в бизнес-среде, вызывая неожиданное и нежелательное системное воздействие. Система состоит из процессов, которые преобразуют входы в выходы и взаимодействуют с другими системами. Управление рисками может приложить анализ риска к определенным входам и выходам, а также преобразовать системное понимание через оценку риска и постоянно обеспечивать этот процесс через петлю обратной связи.

Подход, основанный на системном мышлении, помогает рассмотреть все предприятие в целом при внедрении управления рисками. Этот подход помогает понять риск, вызванный технологией, с точки зрения бизнеса, поскольку он направлен на целостное понимание организации [1].

Риски и жизненные циклы

Рассмотрим жизненный цикл каждого из центров финансовой отчетности в контексте динамики оценок вероятности и последствий связанных рисков, ранее предложенную в работе [2]. В соответствии с ГОСТ Р 56862-2016, под жизненным циклом изделия понимается «совокупность явлений и процессов, повторяющаяся с периодичностью, определяемой временем существования типовой конструкции изделия от ее замысла до утилизации или конкретного экземпляра изделия от момента завершения его производства до утилизации» [3]. Ранее в научный оборот были введены термины «бережливая цифровизация» и «бережливые жизненные циклы», которые было предложено рассматривать как комплексную систему для рационализации и управления гибридными производственными процессами, имеющими гетерогенную структуру, включающую в себя как рутинные технологические операции, так и творческие процессы научно-прикладного характера [4].

Для примера рассмотрим с точки зрения системного подхода достаточно формализованную группу процессов предприятия — бухгалтерский учет, которому, в частности, присущ риск искажения бухгалтерской отчетности. В процессе развития предприятия как системы обычно наблюдается рост таких показателей, как балансовая прибыль, выручка, валюта баланса, собственный капитал и совокупные затраты предприятия, поэтому уровень существенности, иными словами, то предельное значение ошибки, начиная с которого квалифицированный пользователь этой отчетности не в состоянии делать на ее основе правильные выводы и принимать правильные решения, будет расти. Следовательно, при статистически управляемых движениях по бухгалтерским счетам вероятность возникновения риска искажения отчетности будет снижаться. Последствия же искажения отчетности имеют качественную оценку, и их можно условно рассматривать как константу.

С другой стороны, смена ключевых участников процесса, т.е. замена главного бухгалтера или бухгалтеров по секторам учета, смена материально-ответственных лиц могут привести к пересмотру оценок данного риска. Поскольку владельцем процесса бухгалтерского учета на предприятии является главный бухгалтер, то, рассматривая этот же риск через генерирующее его структурное подразделение, можно сделать вывод, что в процессе жизненного цикла бухгалтерии наблюдается снижение вероятности искажения отчетности, связанное с организационным научением, накопленными знаниями организации и повышением компетенций всех участников процесса.

Поскольку бухгалтерский учет в настоящее время повсеместно осуществляется с использованием информационных технологий, то риск искажения отчетности может быть вызван как вредоносными действиями третьих лиц, так и потерей данных в результате инцидентов с программным или аппаратным обеспечением. Таким образом, в качестве генератора риска искажения отчетности могут выступать как активы организации (ИТ-инфраструктура), так и другое структурное подразделение (ИТ-служба) или даже внешняя организация

(при передаче ИТ на аутсорсинг), т. е. генератором риска искажения отчетности оказывается договор на ИТ-поддержку (сделка).

Данный пример хорош тем, что валидация и верификация процесса бухгалтерского учета достаточно хорошо формализована, в том числе на законодательном уровне, а сам бухгалтерский учет интегрирован в производственную систему предприятия, поэтому управление рисками этого процесса имеет место даже на предприятиях с начальным уровнем зрелости риск-менеджмента, поэтому нетрудно подобрать известные примеры стратегий снижения и передачи названного риска. Вообще, сама идея связи между этапами жизненного цикла продукции и присущими этим этапам рисками не нова и отчасти отражена в ГОСТ Р 56269-2014 и ГОСТ Р 58969-2020 [5,6].

Системный подход к управлению рисками и менеджмент непрерывности бизнеса

Система — это совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых элементов, образующих определенное единство и целесообразность. При этом система обладает свойствами, отсутствующими у составляющих ее элементов. В сложных системах «... целое больше, чем сумма частей ... в том важном прагматичном смысле, что по заданным свойствам частей и их взаимодействиям нельзя правильным образом получить выводы о свойствах системы в целом» [7]. Производственное предприятие в этом контексте следует рассматривать как социальную систему. К особенным признакам социальных систем относятся: открытость; сложность; способность к самовоспроизводству, саморегулированию, самоорганизации и самоуправлению; способность и стремление к целеобразованию, т.е. формированию целей внутри системы; адаптивность, способность противостоять энтропийным (разрушающим систему) тенденциям, «вызовам» внешней среды; вариативность отдельных элементов, параметров системы и схоластичность ее поведения в целом; многовариантность развития в тех или иных социально-экономических ситуациях; наличие социальной памяти; полиструктурность и многофункциональность; возможность одновременного существования (протекания) разновалентных тенденций и процессов (организации и дезорганизации; интеграции и дезинтеграции; стабилизации и дестабилизации) [8].

Данный перечень признаков имеет направленность на указание постоянства жизнеспособности социальной системы, ее неразрушаемость и вечность. Но история имеет свидетельства иного порядка, когда практически бесследно исчезали целые цивилизации. Таким образом, всякая социальная система, помимо развивающих признаков, несет в себе и свое отрицание, вопрос в том, каково оно, как его отследить и не дать перерасти этому отрицанию в тенденцию на уничтожение [9]. Следовательно, ключевым риском для каждой системы является прекращение ее деятельности.

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 22301-2014: «менеджмент непрерывности бизнеса: Полный процесс управления, предусматривающий идентификацию потенциальных угроз и их воздействия на деятельность организации, который создает основу для повышения устойчивости организации к инцидентам и направлен на реализацию эффективных ответных мер против, что обеспечивает защиту интересов ключевых причастных сторон, репутации организации, ее бренда и деятельности, добавляющей ценность» [10]. Иными словами, для приведенного выше примера с бухгалтерским учетом необходимо выделить взаимосвязь риска банкротства предприятия с риском искажения отчетности, в чем может помочь такой инструмент визуализации, как дерево текущей реальности (Current Reality Tree, CRT) из теории ограничений.

Как известно, Теория ограничений — это методология управления производством, распространённая и на другие сферы управленческой деятельности, разработанная в 1980-е годы Элияху Голдраттом и базирующаяся на поиске и управлении ключевым ограничением системы, которое предопределяет успех и эффективность всей системы в целом. Основной особенностью методологии является то, что делая усилия над управлением очень малым количеством аспектов системы, можно достичь эффекта, нелинейно превышающего результат одновременного воздействия на все или большинство проблемных областей системы сразу или поочерёдно.

Рассмотрим применение такой инструмент системной инженерии из теории ограничений, как дерево текущей реальности (ДТР). Построение ДТР начинается с построения списка проблем, известных как нежелательные явления (НЖЯ). Выше уже были рассмотрены отдельные НЖЯ на примере бухгалтерского учета: искажение бухгалтерской отчетности, счетные ошибки, смена ключевых участников, вредоносные действия третьих лиц, потеря данных в результате инцидентов с программным или аппаратным обеспечением. Как было показано ранее [2], для интегрированного представления параметров риска может быть использован кортеж вида:

$$R = <Evt, Sev, Occ, Det, Cat, Prc, Bs, Fc, Dl, Am, St, Ttl, Own, Rp>,$$

где *Evt* — событие; *Rpn* — позитивный или негативный риск (угрозы или благоприятные возможности); *Sev* — важность (последствия); *Occ* — вероятность возникновения; *Det* — сложность выявления; *Cat* — одна из четырех категорий на основе степени доступной информации, неоднозначности и изменчивости; *Prc* — связанные процессы; *Bs* — связанное субконто бухгалтерского учета

(активы, обязательства, капитал); *Fc* — центр финансовой ответственности; *Dl* — сделка (договор); *Am* — сумма под риском; *St* — одна из возможных стратегий реагирования: эскалация, уклонение/использование, передача/разделение, снижение/увеличение, принятие; *TtI* — период плановой переоценки; *Own* — владелец риска, *Rp* — связанные риски.

Продемонстрируем наглядно преимущество применения дерева текущей реальности на рассмотренном выше примере, являющимся лишь незначительным фрагментом в структуре рисков предприятия. Корневым нежелательным явлением в данном случае будет банкротство организации. Возможное дерево текущей реальности показано ниже на рис. 1.

Для построения дерева использован язык описания графов DOT, листинг прилагается:

```
# Граф строится с помощью сайта
# https://dreampuf.github.io/GraphvizOnline/
digraph risk {
resize=auto;
rankdir=BT;
charset="utf8";
node [fontname="Times New Roman", shape = box];

# Нежелательные явления (риски)
UDE1 [label="НЖЯ 1\nБанкротство\nпредприятия", style=filled, fillcolor=yellow]

# Причины
T101 [label=»Штрафы и пени\nпревышают возможности\nпредприятия»]
T102 [label=»Штрафы и пени\nпо результатам проверки»]
T111 [label=»Искажение\nотчетности»]
T121 [label=»Счетные\nошибки»]
T122 [label=»Смена\nключевых участников\nпроцесса»]
T201 [label=»Вредоносные\nдействия»]
T202 [label=»Проблемы\нинфобезопасности»]
T301 [label=»Потеря\nрепутации»]
T401 [label=»Потеря\nданных\nбухучета»]
T501 [label=»Выход\низ строя\носителя»]
T502 [label=»Отстутствие\nрезервной\nкопии»]
# Описание всех овалов И
node [shape = oval,label=»»,height=0.1];
Z1,Z2,Z3;
#Описание графа
Z1,Z1,T301 ->UDE1;
T101,T102 ->Z1 [dir=none];
T111 ->T102,T301;
T121,T401->T111;
T122 ->T121;
T201,T202->Z2;
Z2,Z2 ->T401;
T501,T502 -> Z3;
Z3,Z3 ->T401;
}
```

Поскольку де-факто риски имеют сложную ризоматичную структуру, а не древовидную, необходимо предусмотреть не только их взаимосвязь с учетом триггеров рисков, но и взаимосвязь корректирующих действий с помощью построения деревьев будущей реальности и деревьев перехода.

Использование системного подхода в данном случае позволяет избежать ситуации, когда процесс управление рисками не создает потребительской ценности, поскольку ориентирован исключительно на отчетность перед вышестоящей организацией или получения положительного аудиторского заключения по формальным признакам, в то время как бережливая цифровизация системы управления рисками производственного предприятия позволит обеспечить синергию между элементами производственной системы при достижении стратегических целей организации.

Заключение

Как показывает опыт, в настоящее время имеются многочисленные подходы к классификации рисков, которые, как правило, создают ненужную путаницу и проводят к «лоскутному» внедрению управлению рисками на предприятии.

В задачи данной статьи не входили разработка единственно правильной методологии управления рисками или формирование технического задания на разработку автоматизированной системы управления рисками с учетом системного подхода, в то же время основные концепции данной статьи, такие как: системный подход, интегрированное представление риска и использование инструментов теории ограничений для визуализации взаимосвязей между рисками, могут представлять интерес для исследователей и практиков, занимающихся данной проблематикой.

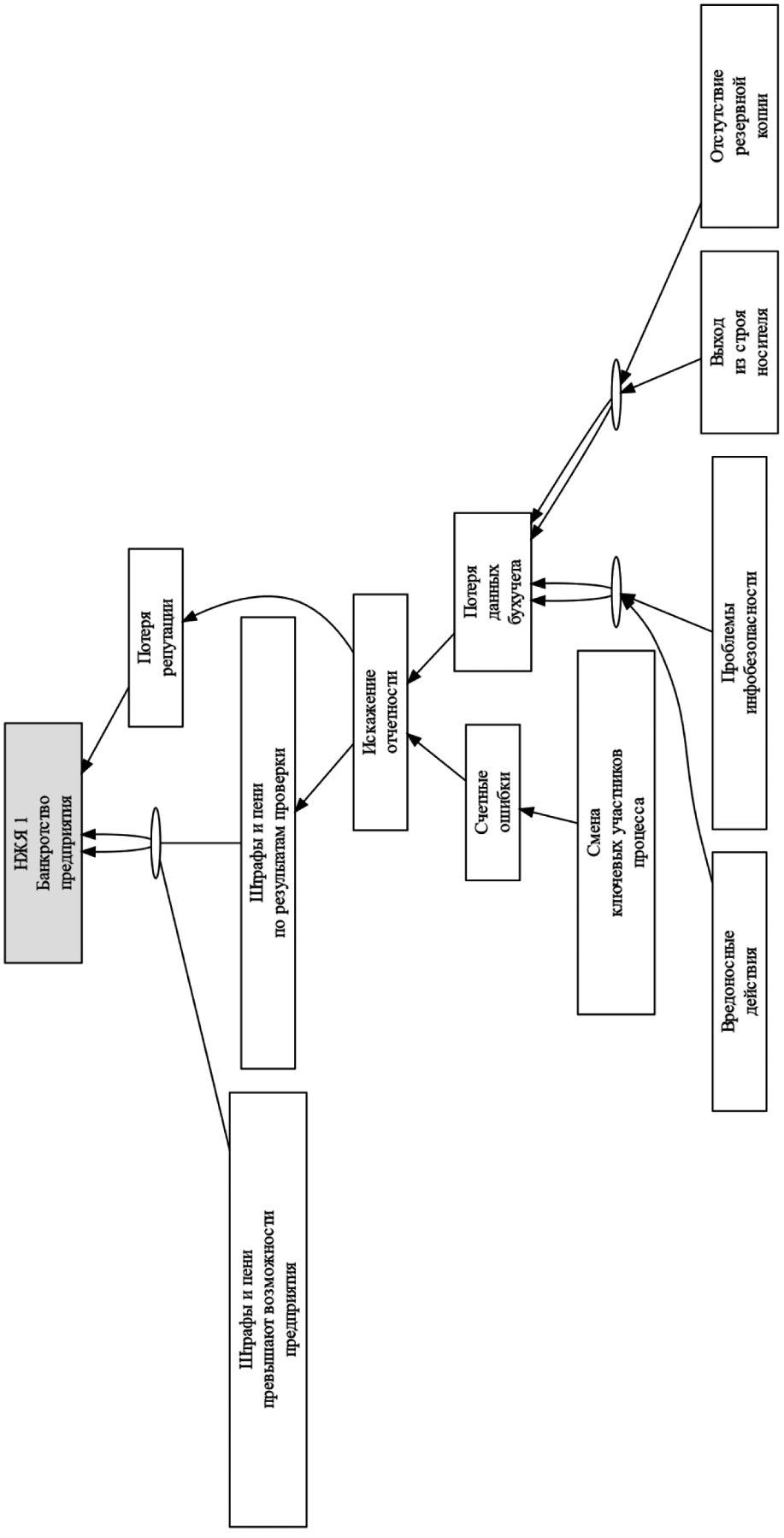


Рис. 1. Дерево текущей реальности для рисков (фрагмент)

ЛИТЕРАТУРА

1. Bakshi S. Systems Thinking in Risk Management // ISACA, 2019. Vol. 17. URL: https://www.isaca.org/resources/news-and-trends/newsletters/atisaca/2019/volume-17/systems-thinking-in-risk-management
2. Антохина Ю.А., Тушавин В.А., Фролова Е.А. Управление рисками производственного предприятия методами системной инженерии // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 2. С. 116–123. DOI: 10.31799/2949— 0693-2022-2-116-123.
3. ГОСТ Р 56862-2016. Система управления жизненным циклом. Разработка концепции изделия и технологий. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2018. 7 с.
4. Назаревич С.А., Тушавин В.А., Фролова Е.А. Бережливая цифровизация организационных систем // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, № 1. С. 44–53.
5. ГОСТ Р 56269-2014. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Примеры применения ИСО 14044 к ситуациям воздействия. М.: Стандартинформ, 2015. 99 с.
6. ГОСТ Р 58969-2020. Менеджмент риска. Управление технико-производственными рисками промышленного предприятия. М.: Стандартинформ, 2020. 10 с.
7. Жилин Д.М. Теория систем: опыт построения курса. М.: URSS, Ленанд, 2017. — 176 с.
8. Системный подход в современной науке [Текст]: к 100-летию Людвига фон Берталанфи / Отв. ред. И.К. Лисеев, В.Н. Садовский. — М.: Прогресс-Традиция, 2004. — 561 с.
9. Гареева И.А. Системообразующие признаки и свойства социальных систем // Вестник ТОГУ. 2009. № 3(14). С. 201–206.
10. ГОСТ Р ИСО 22301-2014. Системы менеджмента непрерывности бизнеса. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2015. 21 с.

© Тушавин Владимир Александрович (tushavin@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.31

ДИСКРЕТНЫЕ ГРУППЫ И РЕШЕНИЯ СТЕПЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ОРБИТЫ ТАНГЕНСОВ ОБОБЩЁННОГО УРАВНЕНИЯ ЭМДЕНА–ФАУЛЕРА

DISCRETE GROUPS AND SOLUTIONS OF POWER DIFFERENTIAL EQUATIONS OF THE ORBIT OF TANGENTS OF THE GENERALIZED EMDEN–FOWLER EQUATION

Z. Khakimova

Summary: We consider a class of ordinary differential equations of the 2nd order with power right-hand sides, a subclass of which is the generalized Emden–Fowler equation (GEFE). For one equation from the GEFE class, the general solution of which is related to the trigonometric and hyperbolic cosine and tangent functions, a discrete 78th order transformation group is constructed, subgroups of which are the 6th and 12th order dihedral transformation groups, also the graphs of these discrete groups are constructed.
All equations of the orbit of the original equation from the GEFE class are found and general solutions of these equations are calculated.

Keywords: generalized Emden–Fowler equation (GEFE), 2nd order ordinary differential equation, differential equation with power right side, discrete transformation group, dihedral group, exact solution of the differential equation.

Хакимова Зиля Наильевна
Кандидат физ.-мат. наук, доцент,
Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского,
vka@mil.ru

Аннотация. Рассматривается класс обыкновенных дифференциальных уравнений 2-го порядка со степенными правыми частями, подклассом которого является обобщённое уравнение Эмдена–Фаулера (ОУЭФ). Для одного уравнения из класса ОУФЭ, общее решение которого выражается через тригонометрические и гиперболические функции косинуса и тангенса, построена дискретная группа преобразований 78-го порядка, подгруппами которой являются группы преобразований диэдра 6-го и 12-го порядков, а также изображены графы этих дискретных групп.
Найдены все уравнения орбиты указанного выше уравнения из класса ОУЭФ и приведены общие решения всех этих уравнений.

Ключевые слова: обобщенное уравнение Эмдена–Фаулера (ОУЭФ), обыкновенное дифференциальное уравнение 2-го порядка, дифференциальное уравнение со степенной правой частью, дискретная группа преобразований, группа диэдра, точное решение дифференциального уравнения.

Введение

Одна из главных задач теории дифференциальных уравнений — нахождение точных решений уравнений. Эта задача успешно решается методами дискретно-группового анализа дифференциальных уравнений, разработанного В.Ф. Зайцевым [1].

Впервые «подвергся» дискретно-групповому анализу класс обобщённых уравнений Эмдена–Фаулера (ОУЭФ):

$$y''_{xx} = Ax^k y^l \left(y'_x\right)^m, \qquad (1)$$

для которого была найдена дискретная группа диэдра (6-го порядка) преобразований, замкнутых в этом классе уравнений.

С помощью метода «размножения» разрешимых случаев (по найденной группе диэдра и её расширениям) В.Ф. Зайцевым и его научной школой было получено более 100 разрешимых уравнений [1–5] в классе уравнений (1).

В свою очередь, эти интегрируемые случаи являются «фундаментом» для «размножения» разрешимых уравнений в более общих классах уравнений, в частности, в 4-хпараметрическом (не считая коэффициента) классе степенных уравнений:

$$y''_{xx} = Ax^k y^l \left(y'_x\right)^m \left(xy'_x - y\right)^n. \qquad (2)$$

Для класса уравнений (2) была найдена группа преобразований диэдра 12-го порядка, с помощью которой было получено [3] около 400 разрешимых уравнений класса (2). Но общие решения этих уравнений до сих пор практически не вычислены, за малым исключением.

Представленная работа посвящена дискретным симметриям и вычислению точных решений степенных дифференциальных уравнений вида (2) орбиты тангенсов ОУЭФ.

Данная статья является продолжением и конкретизацией статей [6] и [7], в которых был указан путь нахождения уравнений орбиты тангенсов и вычисления их решений. В представленной статье эти алгоритмы реализованы: найдены 78 уравнений степенного вида (2) орбиты тангенсов ОУЭФ и получены их общие решения.

Группы диэдра для классов уравнений (1) и (2)

Обозначим класс уравнений (2) с помощью вектора параметров.

$$(k,l,m,n|A) \tag{1}$$

Тогда его подкласс (1) при $n = 0$:

$$(k,l,m,0|A) = (k,l,m|A) \tag{2}$$

Основой дискретно-группового анализа дифференциальных уравнений является нахождение преобразований, замкнутых в исследуемых классах уравнений.

Для класса уравнений (1) были найдены 2 преобразования, действующие на всём классе уравнений [1]:

$$\mathbf{r}: \quad x \rightleftarrows y, (k,l,m,0|A) \xrightarrow{r} (l,k,3-m,0|A), \mathbf{r}^2 = \mathbf{E} \tag{3}$$

$$\mathbf{g}: \quad x \to y^{\frac{1}{k+1}}, y \to \left(y'_x\right)^{-\frac{1}{l}}$$
$$(k,l,m,0|A) \xrightarrow{g}$$
$$\xrightarrow{g} \left(\frac{1}{1-m}, -\frac{k}{k+1}, \frac{2l+1}{l}, 0 \left| \frac{l(m-1)}{(k+l)^2} A \right.\right), \mathbf{g}^3 = \mathbf{E} \tag{4}$$

где **E** — тождественное преобразование.

Преобразования **r** и **g** являются образующими дискретной группы преобразований диэдра 6-го порядка:

$$D_3 = \{\mathbf{E}, \mathbf{g}, \mathbf{g}^2, \mathbf{r}, \mathbf{gr}, \mathbf{g}^2\mathbf{r}\}, \mathbf{r}^2 = \mathbf{g}^3 = (\mathbf{gr})^2 = \mathbf{E} \tag{5}$$

Для класса уравнений (2) была найдена группа преобразований диэдра 12-го порядка [3]:

$$D_6 = \{\mathbf{E}, \mathbf{h}, \mathbf{h}^2, \mathbf{h}^3, \mathbf{h}^4, \mathbf{h}^5, \mathbf{r}, \mathbf{hr}, \mathbf{h}^2\mathbf{r}, \mathbf{h}^3\mathbf{r}, \mathbf{h}^4\mathbf{r}, \mathbf{h}^5\mathbf{r}\},$$
$$\mathbf{r}^2 = \mathbf{h}^6 = (\mathbf{hr})^2 = \mathbf{E} \tag{6}$$

с образующими:

$$\mathbf{r}: \quad x \rightleftarrows y, (k,l,m,n|A) \xrightarrow{r}$$
$$\xrightarrow{r} (l,k,-m-n+3,n|(-1)^{n-1}A), \tag{7}$$
$$\mathbf{r}^2 = \mathbf{E}$$

$$\mathbf{h}: \quad x \to \frac{1}{y'_x}, y \to -\frac{xy'_x - y}{y'_x}$$
$$(k,l,m,n|A) \xrightarrow{h} (-n,-m,k+l+3,-l|(-1)^{1-l} \cdot A), \tag{8}$$
$$\mathbf{h}^6 = \mathbf{E}$$

Графы групп D_3 (5) и D_6 (6) изображены на рис. 1 и рис. 2.

Уравнения, соответствующие вершинам графов, помещены в табл. 1 и 2. Дуги графов обозначают преобразования — элементы групп (5) и (6), связывающие уравнения.

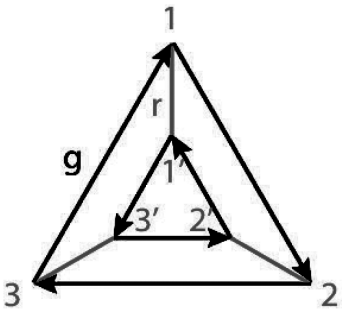


Рис. 1. Граф группы D_3

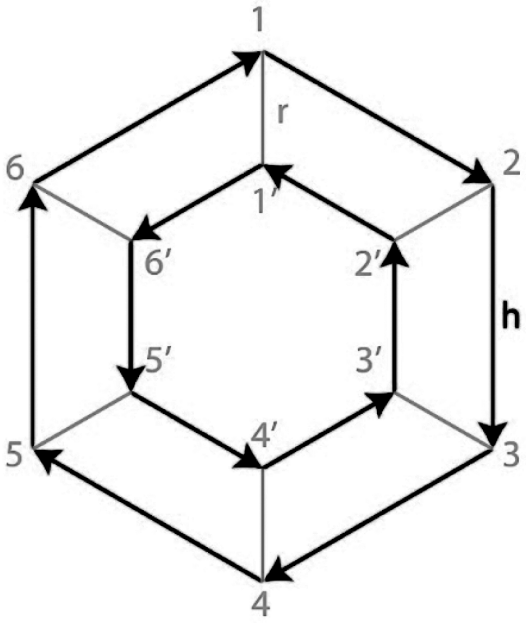


Рис. 2. Граф группы D_6

Таблица 1.

Уравнения-вершины графа группы D_3

1	(k, l, m)	1′	(l, k, 3 – m)
2	$\left(\frac{1}{1-m}, -\frac{k}{k+1}, \frac{2l+1}{l}\right)$	2′	$\left(-\frac{k}{k+1}, \frac{1}{1-m}, \frac{l-1}{l}\right)$
3	$\left(-\frac{l}{l+1}, \frac{1}{m-2}, \frac{k-1}{k}\right)$	3′	$\left(\frac{1}{m-2}, -\frac{l}{l+1}, \frac{2k+1}{k}\right)$

Дискретные группы 18-го и 78-го порядков

Рассмотрим уравнение

$$\left(2, -\frac{5}{3}, 0, 0|A\right) \tag{9}$$

принадлежащее классам уравнений (1) и (2).

Применив к (9) и преобразованным уравнениям группу D_3 3 раза, получаем группу 18-го порядка, граф которой изображён на рис. 3, где

$$\mathbf{s}: \quad x \to \frac{1}{x}, y \to -\frac{y}{x},$$

Таблица 2.

Уравнения-вершины графа группы D_6

1	$(k,l,m,n\|A)$	1′	$\left(l,k,-m-n+3,n\middle\|(-1)^{n-1}\cdot A\right)$
2	$\left(-n,-m,k+l+3,-l\middle\|(-1)^{1-l}\cdot A\right)$	2′	$(-m,-n,-k,-l\|A)$
3	$\left(l,-k-l-3,-m-n+3,m\middle\|(-1)^{l+m}\cdot A\right)$	3′	$\left(-k-l-3,l,n,m\middle\|(-1)^{l-1}\cdot A\right)$
4	$\left(-m,m+n-3,-k,k+l+3\middle\|(-1)^{-k-m}\cdot A\right)$	4′	$\left(m+n-3,-m,-l,k+l+3\middle\|(-1)^{-l-m}\cdot A\right)$
5	$\left(-k-l-3,k,n,-m-n+3\middle\|(-1)^{k+n}\cdot A\right)$	5′	$\left(k,-k-l-3,m,-m-n+3\middle\|(-1)^{k+m}\cdot A\right)$
6	$\left(m+n-3,-n,-l,-k\middle\|(-1)^{1-n}\cdot A\right)$	6′	$\left(-n,m+n-3,k+l+3,-k\middle\|(-1)^{-k-n}\cdot A\right)$

$$(k,l,0,0|A)\xrightarrow{s}\left(-k-l-3,l,0,0\middle|(-1)^{l-1}\cdot A\right),\quad \mathbf{s}^2=\mathbf{E} \tag{10}$$

$$\mathbf{sr}:\ x\to-\frac{y}{x},\ y\to\frac{1}{x},$$

$$(k,l,0,0|A)\xrightarrow{sr}\left(l,-k-l-3,3,0\middle|(-1)^{l+m}\cdot A\right),\quad (\mathbf{sr})^3=\mathbf{E};\ \mathbf{sr}=\mathbf{h}^2; \tag{11}$$

$$\mathbf{f}:\ x\to-\frac{y'_x}{xy'_x-y},\ y\to\frac{1}{xy'_x-y}$$

$$(k,-k-3,m,0|A)\xrightarrow{f}\left(-m,m-3,-k,0\middle|(-1)^{-k-m}\cdot A\right),\quad \mathbf{f}^2=\mathbf{E},\mathbf{f}=\mathbf{h}^3. \tag{12}$$

Замечание 1. На рис. 3 опущено преобразование **r**, удваивающее граф.

Применив к вершинам *i*.1 (i = 1, 2, …, 7) группы D_6, получаем граф группы 78-го порядка (декартово произведение графов на рис. 3 и рис. 2), изображённый на рис. 4.

Уравнения, соответствующие графам на рис. 3 и рис. 4, помещены в таблицу 3.

Замечание 2. На рис. 4, так же, как и на рис. 3, опущено преобразование **r**, поэтому отсутствует половина вершин 1.1′–7.6′.

Замечание 3. На рис. 4 изображён граф с 42 вершинами — после удвоения с помощью преобразования **r** получается 84 вершины.

Но уравнение 3.4 совпадает с уравнением 3.1′, поэтому уравнения 3.1′–3.6′ дублируют уравнения 3.1–3.6. После исключения вершин 3.1′–3.6′ получается граф 78-го порядка.

Замечание 4. Если бы уравнение 3.4 не совпадало с уравнением 3.1′, то к нему можно было бы применить D_3, как показано пунктиром на рис. 4, а затем к двум новым образовавшимся вершинам можно бы было применить D_6. Таким образом, граф на рис. 4 был бы как минимум 108-го порядка.

Решения уравнений орбиты тангенсов

Уравнение

$$\left(2,-\frac{5}{3},0,0|A\right) \tag{13}$$

обозначенное на рис. 3 и 4 вершиной 1.1, имеет общее решение в параметрическом виде (τ-параметр), выраженное через тригонометрические и гиперболические функции (см. таблицу 4), следовательно, все уравнения-вершины графов на рис. 3 и 4 также выражаются через тригонометрические и гиперболические функции, так как решения уравнений связаны теми же преобразованиями, что и сами уравнения.

Выберем в качестве «ключевых» уравнения, соответствующие вершинам *i*.1 (i = 1, 2, …, 7), изображённые на рис. 3. Общие решения «ключевых» уравнений помещены в таблицу 4.

К каждой из «ключевых» вершин *i*.1 на рис. 4 «прикреплён» граф группы D_6, состоящий из 12-ти вершин. Таким образом, решения ещё 11-ти уравнений *i*.2—*i*.6 выражается через решение «ключевого» уравнения.

Обозначим общее решение «ключевого» уравнения *i*.1 в параметрическом виде:

$$x=\alpha,\ y=\beta,\ y'_x=\gamma,\ xy'_x-y=\delta \tag{14}$$

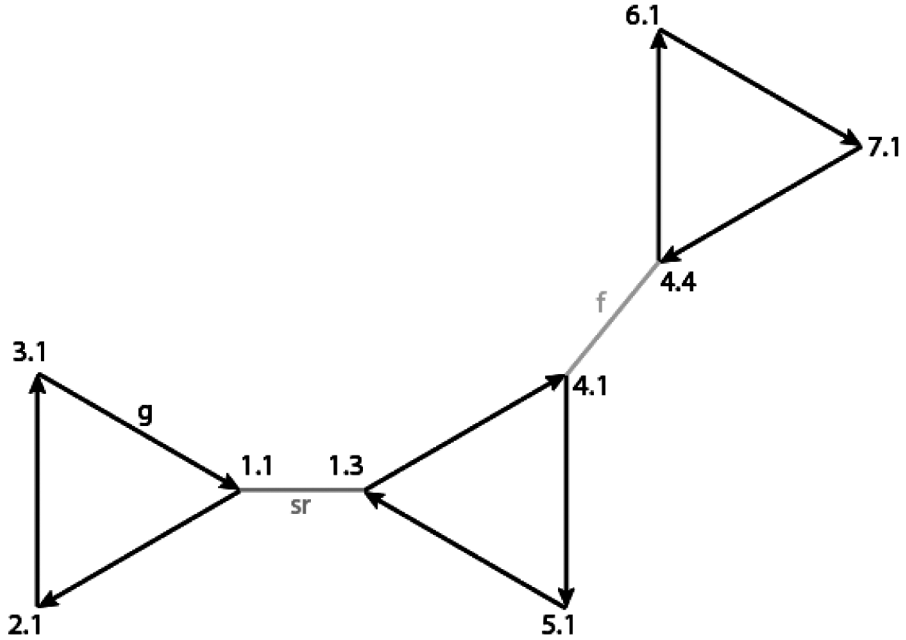


Рис. 3. Граф группы 18-го порядка

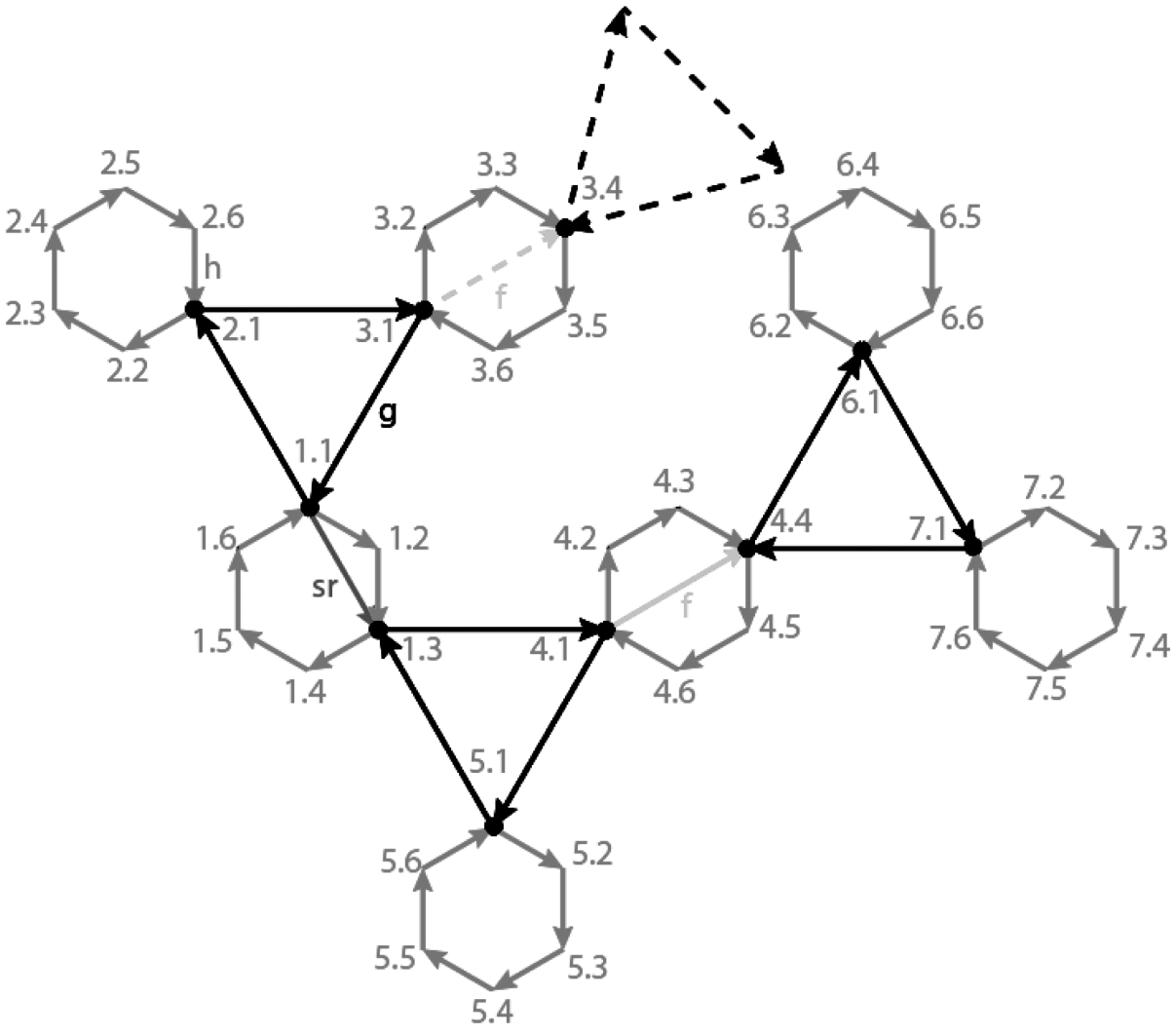


Рис. 4. Граф группы 78-го порядка

Таблица 3.

Уравнения-вершины графов 18-го и 78 порядков

1.1	$\left(2,-\frac{5}{3},0,0\middle\vert A\right)$	1.1′	$\left(-\frac{5}{3},2,3,0\middle\vert -A\right)$
1.2	$\left(0,0,\frac{10}{3},\frac{5}{3}\middle\vert (-1)^{-\frac{1}{3}}A\right)$	1.2′	$\left(0,0,-2,\frac{5}{3}\middle\vert A\right)$
1.3	$\left(-\frac{5}{3},-\frac{10}{3},3,0\middle\vert (-1)^{\frac{1}{3}}A\right)$	1.3′	$\left(-\frac{10}{3},-\frac{5}{3},0,0\middle\vert (-1)^{\frac{1}{3}}A\right)$
1.4	$\left(0,-3,-2,\frac{10}{3}\middle\vert A\right)$	1.4′	$\left(-3,0,\frac{5}{3},\frac{10}{3}\middle\vert (-1)^{-\frac{1}{3}}A\right)$
1.5	$\left(-\frac{10}{3},2,0,3\middle\vert A\right)$	1.5′	$\left(2,-\frac{10}{3},0,3\middle\vert A\right)$
1.6	$\left(-3,0,\frac{5}{3},-2\middle\vert -A\right)$	1.6′	$\left(0,-3,\frac{10}{3},-2\middle\vert A\right)$
2.1	$\left(1,-\frac{2}{3},\frac{7}{5},0\middle\vert A\right)$	2.1′	$\left(-\frac{2}{3},1,\frac{8}{5},0\middle\vert -A\right)$
2.2	$\left(0,-\frac{7}{5},\frac{10}{3},\frac{2}{3}\middle\vert (-1)^{-\frac{1}{3}}A\right)$	2.2′	$\left(-\frac{7}{5},0,-1,\frac{2}{3}\middle\vert A\right)$
2.3	$\left(-\frac{2}{3},-\frac{10}{3},\frac{8}{5},\frac{7}{5}\middle\vert (-1)^{\frac{11}{15}}A\right)$	2.3′	$\left(-\frac{10}{3},-\frac{2}{3},0,\frac{7}{5}\middle\vert (-1)^{\frac{1}{3}}A\right)$
2.4	$\left(-\frac{7}{5},-\frac{8}{5},-1,\frac{10}{3}\middle\vert (-1)^{-\frac{2}{5}}A\right)$	2.4′	$\left(-\frac{8}{5},-\frac{7}{5},\frac{2}{3},\frac{10}{3}\middle\vert (-1)^{-\frac{11}{15}}A\right)$
2.5	$\left(-\frac{10}{3},1,0,\frac{8}{5}\middle\vert -A\right)$	2.5′	$\left(1,-\frac{10}{3},\frac{7}{5},\frac{8}{5}\middle\vert A\right)$
2.6	$\left(-\frac{8}{5},0,\frac{2}{3},-1\middle\vert -A\right)$	2.6′	$\left(0,-\frac{8}{5},\frac{10}{3},-1\middle\vert -A\right)$
3.1	$\left(-\frac{5}{2},-\frac{1}{2},\frac{1}{2},0\middle\vert A\right)$	3.1′	$\left(-\frac{1}{2},-\frac{5}{2},\frac{5}{2},0\middle\vert -iA\right)$
3.2	$\left(0,-\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}\middle\vert -iA\right)$	3.2′	$\left(-\frac{1}{2},0,\frac{5}{2},\frac{1}{2}\middle\vert A\right)$
3.3	$\left(-\frac{1}{2},0,\frac{5}{2},\frac{1}{2}\middle\vert A\right)$	3.3′	$\left(0,-\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}\middle\vert iA\right)$
3.4	$\left(-\frac{1}{2},-\frac{5}{2},\frac{5}{2},0\middle\vert A\right)$	3.4′	$\left(-\frac{5}{2},-\frac{1}{2},\frac{1}{2},0\middle\vert A\right)$
3.5	$\left(0,-\frac{5}{2},0,\frac{5}{2}\middle\vert -iA\right)$	3.5′	$\left(-\frac{5}{2},0,\frac{1}{2},\frac{5}{2}\middle\vert A\right)$
3.6	$\left(-\frac{5}{2},0,\frac{1}{2},\frac{5}{2}\middle\vert iA\right)$	3.6′	$\left(0,-\frac{5}{2},0,\frac{5}{2}\middle\vert iA\right)$
4.1	$\left(-\frac{1}{2},-\frac{5}{2},\frac{17}{10},0\middle\vert A\right)$	4.1′	$\left(-\frac{5}{2},-\frac{1}{2},\frac{13}{10},0\middle\vert -A\right)$
4.2	$\left(0,-\frac{17}{10},0,\frac{5}{2}\middle\vert -iA\right)$	4.2′	$\left(-\frac{17}{10},0,\frac{1}{2},\frac{5}{2}\middle\vert A\right)$
4.3	$\left(-\frac{5}{2},0,\frac{13}{10},\frac{17}{10}\middle\vert (-1)^{-\frac{4}{5}}A\right)$	4.3′	$\left(0,-\frac{5}{2},0,\frac{17}{10}\middle\vert iA\right)$

4.4	$\left(-\frac{17}{10},-\frac{13}{10},\frac{1}{2},0\middle\vert(-1)^{\frac{4}{5}}A\right)$	4.4′	$\left(-\frac{13}{10},-\frac{17}{10},\frac{5}{2},0\middle\vert(-1)^{\frac{4}{5}}A\right)$
4.5	$\left(0,-\frac{1}{2},0,\frac{13}{10}\middle\vert-iA\right)$	4.5′	$\left(-\frac{1}{2},0,\frac{17}{10},\frac{13}{10}\middle\vert(-1)^{-\frac{4}{5}}A\right)$
4.6	$\left(-\frac{13}{10},0,\frac{5}{2},\frac{1}{2}\middle\vert-A\right)$	4.6′	$\left(0,-\frac{13}{10},0,\frac{1}{2}\middle\vert iA\right)$
5.1	$\left(-\frac{10}{7},1,\frac{8}{5},0\middle\vert A\right)$	5.1′	$\left(1,-\frac{10}{7},\frac{7}{5},0\middle\vert-A\right)$
5.2	$\left(0,-\frac{8}{5},\frac{18}{7},-1\middle\vert A\right)$	5.2′	$\left(-\frac{8}{5},0,\frac{10}{7},-1\middle\vert A\right)$
5.3	$\left(1,-\frac{18}{7},\frac{7}{5},\frac{8}{5}\middle\vert(-1)^{\frac{3}{5}}A\right)$	5.3′	$\left(-\frac{18}{7},1,0,\frac{8}{5}\middle\vert A\right)$
5.4	$\left(-\frac{8}{5},-\frac{7}{5},\frac{10}{7},\frac{18}{7}\middle\vert(-1)^{-\frac{6}{35}}A\right)$	5.4′	$\left(-\frac{7}{5},-\frac{8}{5},-1,\frac{18}{7}\middle\vert(-1)^{-\frac{3}{5}}A\right)$
5.5	$\left(-\frac{18}{7},-\frac{10}{7},0,\frac{7}{5}\middle\vert(-1)^{\frac{4}{7}}A\right)$	5.5′	$\left(-\frac{10}{7},-\frac{18}{7},\frac{8}{5},\frac{7}{5}\middle\vert(-1)^{\frac{6}{35}}A\right)$
5.6	$\left(-\frac{7}{5},0,-1,\frac{10}{7}\middle\vert-A\right)$	5.6′	$\left(0,-\frac{7}{5},\frac{18}{7},\frac{10}{7}\middle\vert(-1)^{-\frac{4}{7}}A\right)$
6.1	$\left(2,-\frac{17}{7},\frac{16}{13},0\middle\vert A\right)$	6.1′	$\left(-\frac{17}{7},2,\frac{23}{13},0\middle\vert-A\right)$
6.2	$\left(0,-\frac{16}{13},\frac{18}{7},\frac{17}{7}\middle\vert(-1)^{-\frac{4}{7}}A\right)$	6.2′	$\left(-\frac{16}{13},0,-2,\frac{17}{7}\middle\vert A\right)$
6.3	$\left(-\frac{17}{7},-\frac{18}{7},\frac{23}{13},\frac{16}{13}\middle\vert(-1)^{\frac{73}{91}}A\right)$	6.3′	$\left(-\frac{18}{7},-\frac{17}{7},0,\frac{16}{13}\middle\vert(-1)^{\frac{4}{7}}A\right)$
6.4	$\left(-\frac{16}{13},-\frac{23}{13},-2,\frac{18}{7}\middle\vert(-1)^{-\frac{16}{13}}A\right)$	6.4′	$\left(-\frac{23}{13},-\frac{16}{13},\frac{17}{7},\frac{18}{7}\middle\vert(-1)^{-\frac{73}{91}}A\right)$
6.5	$\left(-\frac{18}{7},2,0,\frac{23}{13}\middle\vert A\right)$	6.5′	$\left(2,-\frac{18}{7},\frac{16}{13},\frac{23}{13}\middle\vert(-1)^{\frac{16}{13}}A\right)$
6.6	$\left(-\frac{23}{13},0,\frac{17}{7},-2\middle\vert-A\right)$	6.6′	$\left(0,-\frac{23}{13},\frac{18}{7},-2\middle\vert A\right)$
7.1	$\left(-\frac{13}{3},-\frac{2}{3},\frac{27}{17},0\middle\vert A\right)$	7.1′	$\left(-\frac{2}{3},-\frac{13}{3},\frac{24}{17},0\middle\vert-A\right)$
7.2	$\left(0,-\frac{27}{17},-2,\frac{2}{3}\middle\vert(-1)^{-\frac{1}{3}}A\right)$	7.2′	$\left(-\frac{27}{17},0,\frac{13}{3},\frac{2}{3}\middle\vert A\right)$
7.3	$\left(-\frac{2}{3},2,\frac{24}{17},\frac{27}{17}\middle\vert(-1)^{-\frac{47}{51}}A\right)$	7.3′	$\left(2,-\frac{2}{3},0,\frac{27}{17}\middle\vert(-1)^{\frac{1}{3}}A\right)$
7.4	$\left(-\frac{27}{17},-\frac{24}{17},\frac{13}{3},-2\middle\vert(-1)^{\frac{38}{51}}A\right)$	7.4′	$\left(-\frac{24}{17},-\frac{27}{17},\frac{2}{3},-2\middle\vert(-1)^{-\frac{47}{51}}A\right)$
7.5	$\left(2,-\frac{13}{3},0,\frac{24}{17}\middle\vert(-1)^{-\frac{1}{3}}A\right)$	7.5′	$\left(-\frac{13}{3},2,\frac{27}{17},\frac{24}{17}\middle\vert(-1)^{-\frac{38}{51}}A\right)$
7.6	$\left(-\frac{24}{17},0,\frac{2}{3},\frac{13}{3}\middle\vert-A\right)$	7.6′	$\left(0,-\frac{24}{17},-2,\frac{13}{3}\middle\vert(-1)^{\frac{1}{3}}A\right)$

Таблица 4.

Общие решения «ключевых» уравнений

i.1	$\left(2,-\frac{5}{3},0\middle\|A\right)$	$A=-\frac{3}{16}a^{-4}b^{\frac{8}{3}},\ x=aC_1^2T_1T_2,\ y=bC_1^3T^{\frac{3}{2}}$
i.2	$\left(1,-\frac{2}{3},\frac{7}{5}\middle\|A\right)$	$A=-5a^{-2}b^{\frac{2}{3}}\left(\frac{a}{12b}\right)^{\frac{2}{5}}\Rightarrow x=aC_1T_1^{\frac{1}{2}}T_3$ $y=bC_1^6\left(T_1T_2\right)^3;$ $A=-5a^{-2}b^{\frac{2}{3}}\left(\frac{a}{6b}\right)^{\frac{2}{5}}\Rightarrow x=aC_1\theta^{-\frac{1}{2}}\theta_3,$ $y=bC_1^6\theta_2^3$
i.3	$\left(-\frac{5}{2},-\frac{1}{2},\frac{1}{2}\middle\|A\right)$	$A=-4ab,\ x=aC_1^{-1}T_1^{-1},\ y=bC_1T_1T_3^2$
i.4	$\left(-\frac{1}{2},-\frac{5}{2},\frac{17}{10}\middle\|A\right)$	$A=20b(ab)^{\frac{1}{2}}\left(\frac{b}{9a}\right)^{\frac{3}{10}},\ x=aC_1^9T_1^3T_4^2,$ $y=bC_1^{-1}T_1^{-\frac{1}{3}}T_2^{\frac{2}{3}}$
i.5	$\left(-\frac{10}{7},1,\frac{8}{5}\middle\|A\right)$	$A=\frac{5}{9}a^{\frac{10}{7}}b^{-2}\left(\frac{9b}{28a}\right)^{\frac{2}{5}}\Rightarrow x=aC_1^{14}\left(T_1T_2\right)^{\frac{7}{3}},$ $y=bC_1^9T_1^{\frac{3}{2}}T_4;$ $A=-\frac{5}{9}a^{\frac{10}{7}}b^{-2}\left(\frac{9b}{28a}\right)^{\frac{2}{5}}\Rightarrow x=aC_1^{14}\theta_2^{\frac{7}{3}},$ $y=bC_1^9\theta_1^{-\frac{1}{2}}\theta_4$
i.6	$\left(2,-\frac{17}{7},\frac{16}{13}\middle\|A\right)$	$A=-\frac{13}{63}252^{\frac{10}{13}}a^{-\frac{36}{13}}b^{\frac{200}{91}}\Rightarrow$ $\Rightarrow x=-aC_1^{50}T_1^{\frac{5}{3}}T_2^{-\frac{1}{3}}T_4,$ $y=-bC_1^{63}T_1^{\frac{21}{10}}\left(T_4^2-9T_2^4\right)^{\frac{7}{10}};$ $A=\frac{13}{63}126^{\frac{10}{13}}a^{\frac{36}{13}}b^{\frac{200}{91}}\Rightarrow x=-aC_1^{50}\theta_2^{-\frac{1}{3}}\theta_4,$ $y=bC_1^{63}\theta_1^{-\frac{7}{10}}\left(4\theta_1^4+9\theta_2^4-12\theta_1^2\theta_2\theta_3+9\theta_2^2\theta_3^2\right)^{\frac{7}{10}}$
i.7	$\left(-\frac{13}{3},-\frac{2}{3},\frac{27}{17}\middle\|A\right)$	$A=102\cdot2^{\frac{3}{17}}\left(a^{50}b\right)^{\frac{4}{51}}\Rightarrow x=-aC_1^{-3}T_1^{-\frac{1}{10}}T_2^{-1}\left(T_4^2-9T_2^4\right)^{\frac{3}{10}},$ $y=bC_1^{50}T_1^5T_2^{-1}T_4^3;$ $A=-51\cdot2^{\frac{10}{17}}\left(a^{50}b\right)^{\frac{4}{51}}\Rightarrow$ $\Rightarrow x=-aC_1^{-3}\theta_1^{-\frac{3}{10}}\theta_2^{-1}\left(4\theta_1^4+9\theta_2^4-12\theta_1^2\theta_2\theta_3+9\theta_2^2\theta_3^2\right)^{\frac{3}{10}},$ $y=-bC_1^{50}\theta_2^{-1}\theta_4^3$

Вычислив по графу группы D_6 на рис. 2 преобразования, связывающие 11 вершин *i*.2—*i*.6′ с «ключевым» уравнением *i*.1, получаем таблицу 5 [8], в которой представлены решения уравнений *i*.2—*i*.6′ через α, β, γ, δ из (13).

Замечание 5. Масштабированием можно убрать коэффициент $(-1)^{\lambda}$ при A в правых частях уравнений таблицы 5.

Таблица 5.

Решения уравнений *i*.2—*i*.6′ через решение «ключевого» уравнения *i*.1 ($i = 1, \ldots, 7$)

i.1	$x = \alpha, y = \beta,$ $y'_x = \gamma, xy'_x - y = \delta$	*i*.1′	$x = \beta, y = \alpha,$ $y'_x = \frac{1}{\gamma}, xy'_x - y = -\frac{\delta}{\gamma}$
i.2	$x = \delta, y = \gamma,$ $y'_x = \frac{1}{\alpha},$ $xy'_x - y = -\frac{\beta}{\alpha}$	*i*.2′	$x = \gamma, y = \delta,$ $y'_x = \alpha, xy'_x - y = \beta$
i.3	$x = -\frac{\beta}{\alpha}, y = \frac{1}{\alpha},$ $y'_x = \frac{1}{\delta},$ $xy'_x - y = -\frac{\gamma}{\delta}$	*i*.3′	$x = \frac{1}{\alpha}, y = -\frac{\beta}{\alpha},$ $y'_x = \delta, xy'_x - y = \gamma$
i.4	$x = -\frac{\gamma}{\delta}, y = \frac{1}{\delta},$ $y'_x = -\frac{\alpha}{\beta},$ $xy'_x - y = \frac{1}{\beta}$	*i*.4′	$x = \frac{1}{\delta}, y = -\frac{\gamma}{\delta},$ $y'_x = -\frac{\beta}{\alpha}, xy'_x - y = \frac{1}{\alpha}$
i.5	$x = \frac{1}{\beta}, y = -\frac{\alpha}{\beta},$ $y'_x = -\frac{\delta}{\gamma},$ $xy'_x - y = \frac{1}{\gamma}$	*i*.5′	$x = -\frac{\alpha}{\beta}, y = \frac{1}{\beta},$ $y'_x = -\frac{\gamma}{\delta}, xy'_x - y = \frac{1}{\delta}$
i.6	$x = \frac{1}{\gamma}, y = -\frac{\delta}{\gamma},$ $y'_x = \beta, xy'_x - y = \alpha$	*i*.6′	$x = -\frac{\delta}{\gamma}, y = \frac{1}{\gamma},$ $y'_x = \frac{1}{\beta}, xy'_x - y = -\frac{\alpha}{\beta}$

Пример

Покажем на примере, как пользоваться таблицей 5 для нахождения решений уравнений *i*.2—*i*.6′ через решение «ключевого» уравнения *i*.1. Найдём, к примеру, общее решение уравнения 1.6:

$$y''_{xx} = Ax^{-3}y'^{\frac{5}{3}}_x\left(xy'_x - y\right)^{-2} \text{ или } \left(-3,0,\frac{5}{3},-2|-A\right) \quad (15)$$

через решение уравнений 1.1:

$$y''_{xx} = Ax^2y^{-\frac{5}{3}} \text{ или } \left(2,-\frac{5}{3},0,0|A\right) \quad (16)$$

По графам группы D_6 на рис. 2 и рис. 4 легко видеть, что

$$1.6 \xrightarrow{\mathbf{h}^{-1}=\mathbf{h}^5} 1.1,$$

где $\mathbf{h}^5: \quad x = \frac{1}{\gamma}, y = -\frac{\delta}{\gamma}, y'_x = \beta, xy'_x - y = \alpha \quad (17)$

Преобразование $\mathbf{h}^5$ указано в последней строке таблицы 5. Буквами α, β, γ, δ обозначим общее решение исходного уравнения 1.1 (9):

$$x = aC_1^2T_1T_2 = \alpha, y = bC_1^3T_1^{\frac{3}{2}} = \beta,$$

$$y'_x = \frac{3bC_1T_1^{\frac{1}{2}}\dot{T}_1}{2a\left(\dot{T}_1T_2 + T_1\dot{T}_2\right)} = \gamma,$$

$$xy'_x - y = \frac{bC_1^3T_1^{\frac{3}{2}}\left(\dot{T}_1T_2 - 2T_1\dot{T}_2\right)}{2\left(\dot{T}_1T_2 + T_1\dot{T}_2\right)} = \delta,$$

$$A = -\frac{3}{16}a^{-4}b^{\frac{8}{3}}, \quad (18)$$

$$T_1 = ch\left(\tau + C_2\right)\cos\tau, T_2 = th\left(\tau + C_2\right) + \operatorname{tg}\tau$$

Тогда композиция (17) и (18) является общим решением уравнения 1.6 (14):

$$x = \frac{2a\left(\dot{T}_1T_2 + T_1\dot{T}\right)}{3bC_1T_1^{\frac{1}{2}}\dot{T}_1}, y = -\frac{C_1T_1\left(\dot{T}_1T_2 - 2T_1\dot{T}\right)}{3\dot{T}_1}$$

(T_1 и T_2 указаны в (18)).

Замечание 6. Совокупность уравнений-вершин графа на рис. 4 названа орбитой тангенсов, так как «родитель» всех этих уравнений имеет решение (18) через тригонометрические и гиперболические функции тангенса и косинуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев В.Ф. Справочник по нелинейным дифференциальным уравнениям. Приложения в механике, точные решения / В.Ф. Зайцев, А.Д. Полянин — М.: Наука, 1993. — 464 с.
2. Polyanin A.D. Handbook of Ordinary Differential Equations: Exact Solutions, Methods, and Problems / A.D. Polyanin, V.F. Zaitsev. — CRC Press. Boca Raton — London, 2018. — 1496 p. DOI: 10.1201/9781315117638
3. Хакимова З.Н. Классификация новых разрешимых случаев в классе полиномиальных дифференциальных уравнений / З.Н. Хакимова, О.В. Зайцев // Актуальные вопросы современной науки, №3. — СПб., 2014. — С. 3–11.
4. Хакимова З.Н. Выбор класса дифференциальных уравнений для нахождения новых разрешимых случаев / З.Н. Хакимова // Некоторые актуальные проблемы современной математики и математического образования: материалы научной конференции «Герценовские чтения — 2017». — СПб.: РГПУ, 2017. — С. 112–117.
5. Зайцев В.Ф. Об одном применении метода вложения / В.Ф. Зайцев, О.В. Зайцев // Некоторые актуальные проблемы современной математики и математического образования: материалы научной конференции «Герценовские чтения — 2015». — СПб.: РГПУ, 2014. — С. 30–33.
6. Хакимова З.Н. Расширения дискретных групп преобразований обобщенного уравнения Эмдена-Фаулера / З.Н. Хакимова // Перспективы науки. — Тамбов: ТМБпринт. — 2022. — № 3 (150). — С. 55–59.
7. Хакимова З.Н. Решения степенных дифференциальных уравнений в тригонометрических функциях / З.Н. Хакимова // Перспективы науки. — Тамбов: ТМБпринт. — 2022. — № 6 (153). — С. 44–48.
8. Хакимова З.Н. Дробно-полиномиальные дифференциальные уравнения: дискретные группы и решения через трансцендент 1-го уравнения Пенлеве [Электронный ресурс] / З.Н. Хакимова, О.В. Зайцев // Дифференциальные уравнения и процессы управления. — 2021. — N 1(4). — С. 61–92. — URL: https://diffjournal.spbu.ru/RU/numbers/2021.1/article.1.4 (дата обращения: 20.05.2021)

© Хакимова Зиля Наильевна (vka@mil.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.32

ЗАДАЧА ПЛАНИРОВАНИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ В НЕЧЕТКОЙ ПОСТАНОВКЕ

THE TASK OF PLANNING REPAIR WORK ON THE ROAD NETWORK IN A FUZZY FORMULATION

A. Tsesar
O. Ivashchuk

Summary: This article is devoted to the planning of repair and restoration work on sections of the road network. The necessity of dynamic adjustment of the repair work plan is justified considering many factors: weather conditions, availability and quality of road construction materials, traffic intensity, etc. The formalized statements of the planning problem in the form of a clear optimization problem and a planning problem in fuzzy conditions are given. An approach to solving the planning problem in a fuzzy formulation is proposed, which consists in moving from solving one problem in a fuzzy formulation to a set of optimization problems for all levels in a clear formulation.

Keywords: repair work, road network, mobile laboratory, planning, fuzzy staging.

Цесарь Алексей Александрович
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет
4drv@mail.rui
Иващук Ольга Александровна
Доктор технических наук, профессор, Белгородский государственный национальный исследовательский университет
ivaschuk@bsu.edu.ru

Аннотация. Настоящая статья посвящена вопросам планирования ремонтно-восстановительных работ на участках улично-дорожной сети. Обоснована необходимость динамичной корректировки плана ремонтных работ с учетом многих факторов: погодных условий, наличием и качеством дорожно-строительных материалов, интенсивностью движения и др. Приведены формализованные постановки задачи планирования в виде четкой задачи оптимизации и задачи планирования в нечетких условиях. Предложен подход к решению задачи планирования в нечеткой постановке, заключающийся в переходе от решения одной задачи в нечеткой постановке, к множеству задач оптимизации для всех уровней в четкой постановке.

Ключевые слова: ремонтные работы, улично-дорожная сеть, передвижная лаборатория, планирование, нечеткая постановка.

Введение

На протяжении последних лет в г. Москве реализуется широкомасштабная программа ремонта объектов улично-дорожной сети (УДС). Ежегодно ремонтируется более 20 миллионов квадратных метров покрытия. В список объектов включаются как основные магистрали, участки Московской кольцевой автомобильной дороги, так и дороги в административных округах. В программу ремонта включаются участки, для которых достигается наибольший эффект от вложенных затрат на ремонт, что обеспечивает наиболее рациональное распределение выделенных средств. Основу для планирования дают данные диагностики, отражающие фактическое транспортно-эксплуатационное состояние участков дорог [1]. Практика планирования с использованием показателя обеспеченности расчётной скорости движения [2] позволяет присвоить повышенный приоритет тем участкам, которые не соответствуют требованиям по обеспечению безопасности дорожного движения. Использование показателя обеспеченности расчётной скорости движения применимо как в случае выделения достаточного объема финансирования, так и в случае неполного финансового обеспечения. В этом случае опорный план ремонта корректируется за счет подбора альтернативных видов работ (Рис. 1).

Однако план ремонта необходимо динамично корректировать с учетом многих факторов: погодных условий, наличием и качеством дорожно-строительных материалов, интенсивностью движения и др. [3]. Таким образом, в процессе планирования ремонтных работ имеет место нечеткость при описании объекта планирования.

Модели и методы

Формальная постановка четкой задачи оптимизации представляется как $x^* = Arg\max_{x \in C} \phi(x)$, где φ(x) — критерий, заданный на множестве допустимых альтернативных действий C∈X [4,5]. Задача определения нечеткой цели трактуется следующим образом [6–8]. Имеется множество альтернативных действий лица, принимающего решение (ЛПР) — *X* и состояний участков УДС *Y*. ЛПР могут удовлетворять различные состояния системы в различной степени. При этом основной задачей является достижение цели $\tilde{G} \subseteq Y$, которая представляет нечеткое подмножество состояний участков УДС. Кроме того, действия выбираются в условиях ограничений $\tilde{C} \subseteq Y$, которое также представляет нечеткое подмножество.

Отображение действия в состояние $\tilde{\phi} : X \to Y$ представляется нечетким отношением. В такой постановке необходимо выбрать действие, одновременно удовлет-

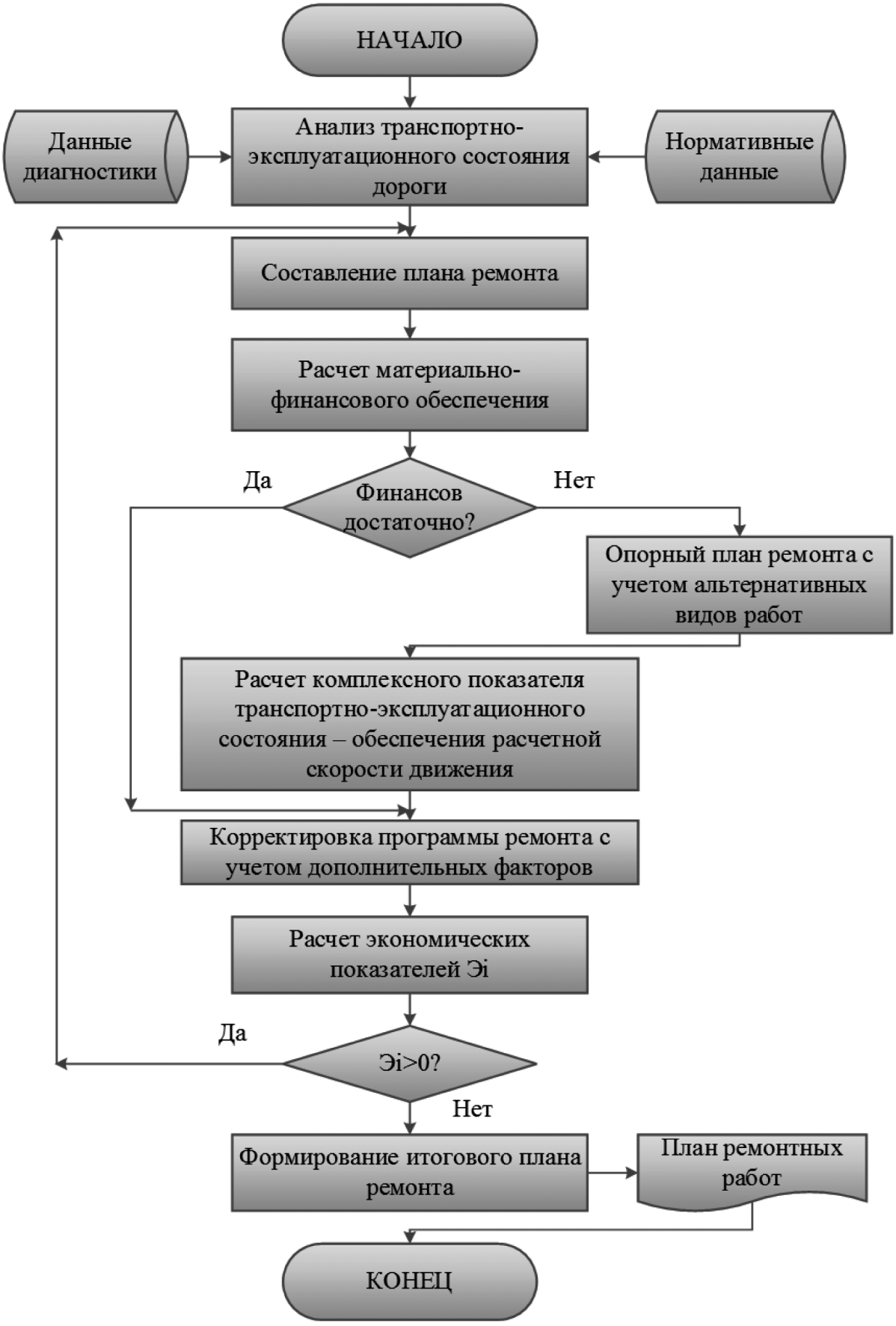


Рис. 1. Алгоритм планирования ремонтно-восстановительных работ

воряющее и цели $\tilde{G}$ и ограничениям $\tilde{C}$. В случае тождественности отображения $\tilde{\phi}$ и совпадении множеств действий и результатов цель и ограничения будут представлять нечеткие подмножества множества X. При этом нечеткое множество действий $\tilde{D}$, удовлетворяющее и цели, и ограничениям, будет определяться пересечением $\tilde{D} = \tilde{G} \cap \tilde{C}$. То есть в нечеткой постановке цели и ограничения выступают симметрично [9–11].

Данный подход к решению оптимизационной задачи при нечетких целях и ограничениях базируется на методе Беллмана–Заде [12], в котором предполагается представление цели и ограничений в одном и том же пространстве.

Формализованное описание задачи планирования в нечетких условиях может быть представлено в виде [13,14]:

$$M = \left(R, S, P_i, \varphi, f, \psi, \chi, \lambda\right) \quad (1)$$

где: R — ресурсы; S — внутреннее состояние системы; P_i — программа выполнения решения;

$\varphi : R \times c_i \to V\left(R\right)$ — функционал оценки ресурсов, предназначенных для достижения заданной цели;

f — функционал оценки результата в зависимости от текущего состояния ресурса и решения, где $t \in T = \left\{1,2,\ldots\right\}$ — дискретные моменты времени;

$\psi : V\left(R\left(t+l\right)\right) \times P_{i,l} \to P_{i,g}\left(g \in l\right)$ — функция выбора решения, учитывающая оценку возможных результатов;

$\chi : P_{i,g} \times S \to P_{i,g}^{k}$ — функция выбора программы выполнения решения $P_{i,g}$ для заданных внутренних состояний;

$\lambda : P_{i,l} \times S \to \left[0,1\right]$ — нечеткое бинарное отношение, определяющее оценку программы для заданного внутреннего состояния.

Пусть планируется проведение множества ремонтов, а по одному из них будет оценочная приемка с бальной шкалой Y = {1, 2, 3, 4, 5}. При этом для получения соответствующего балла необходима более качественная работа, требующая больших затрат времени и ресурсов [3,15]. Пусть компанию вполне устраивают баллы 4 и 5, совсем не устраивают 1 и 2, бал 3 устраивает частично. Тогда нечеткая переменная цели $\tilde{G}$ будет определяться функцией принадлежности:

$$\mu_G\left(y\right) = \left\langle\left(1 \mid 0\right);\left(2 \mid 0\right);\left(3 \mid 0{,}5\right);\left(4 \mid 1\right);\left(5 \mid 1\right)\right\rangle \quad (2)$$

Однако в силу параллельной реализации других проектов имеются ограничения. Поэтому если для сдачи объекта при качестве на уровне 1 и 2 не вызывает сомнений, то для остальных это несколько проблематично. Поэтому ограничения $\tilde{C}$ могут быть представлены множеством:

$$\mu_C\left(y\right) = \left\langle\left(1 \mid 1\right);\left(2 \mid 1\right);\left(3 \mid 0{,}7\right);\left(4 \mid 0{,}6\right);\left(5 \mid 0{,}3\right)\right\rangle \quad (3)$$

При этих значениях цели и ограничений пересечение $\tilde{D} = \tilde{G} \cap \tilde{C}$ будет определяться как:

$$\begin{gathered}\mu_{\tilde{D}}\left(x\right) = \min\left[\mu_{\tilde{G}}\left(x\right);\mu_{\tilde{C}}\left(x\right)\right] = \\ = \left\langle\left(1 \mid 0\right);\left(2 \mid 0\right);\left(3 \mid 0{,}5\right);\left(4 \mid 0{,}6\right);\left(5 \mid 0{,}3\right)\right\rangle\end{gathered} \quad (4)$$

Решение этой задачи также нечетко, но интерпретация результата может быть как ««готовиться примерно на четвертый бал по качеству»

Множество недоминируемых действий (UA) для нечеткого описания проблемы будет определяться через функцию принадлежности (ФП), которая может быть представлена как:

$$\mu_{\tilde{\tilde{R}}}^{UA}\left(x\right) = \underset{x' \in X}{inf}\ \underset{y', y'' \in Y, y'' R y'}{sup} \min\left[\mu_{\sim}\left(x', y'\right);\mu_{\sim}\left(x, y''\right)\right] \quad (5)$$

Результаты

При формировании плана ремонтно-восстановительных работ на объектах УДС одной из наиболее важных задач является выбор очередного участка, который необходимо включить в опорный план проведения работ. При планировании ремонтно-восстановительных работ на участках УДС выбор предпочтения, в основном определяется ЛПР на основе его субъективных оценок текущей ситуации и динамики цели, а также выбранной структуры этапов решения задачи. Для оценки меры перехода участка УДС из одного состояния в другое, используем аппарат нечетких ситуационных сетей [16–20]. При построении нечеткой ситуационной сети будем использовать обозначения:

$X = \left\{x_1, x_2, \ldots, x_l\right\}$ — множество дефектов (характеристических признаков), описывающих динамику текущего состояния участка УДС (колейность, ровность, выбоины, трещины, сеть трещин, ремонтные карты, выбоины);

$Y = \left\{y_1, y_2, \ldots, y_n\right\}$ — множество технологических процессов, направленных на ремонт выделенного участка RN (капитальный ремонт, ремонт, ямочный ремонт, содержание);

$S = \{s_1, s_2, \ldots, s_m\}$ — множество состояний, которое может принимать участок УДС в результате ремонтных операций (ремонт начат, ремонт не начат, ремонт остановлен, ремонт закончен…).

Естественно, что все представленные компоненты (X, Y, S) связаны между собой. При этом имеют место бинарные отношения A и B, которые задают важность характеристических признаков y_i для участка УДС x_k и меру принадлежности каждого признака y_i каждому состоянию s_i. Введем функционалы, которые определяются данными отношениями: $\xi_A : X \times Y \to [0,1]$ — функция принадлежности A, где $\xi_A(x_e, y_j)$ — определяет важность признака:

$$A = \begin{vmatrix} & y_1 & y_2 & \cdots & y_n \\ x_1 & \xi_{1,1} & \xi_{1,2} & \cdots & \xi_{1,n} \\ x_2 & \xi_{2,1} & \xi_{2,2} & \cdots & \xi_{2,n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \xi_{e,j} & \cdots \\ x_i & \xi_{i,1} & \xi_{i,2} & \cdots & \xi_{i,n} \end{vmatrix}$$

$\mu_B : Y \times S \to [0,1]$ — функция принадлежности B, где $\mu_B(y_i, s_k)$ определяет меру принадлежности признака:

$$B = \begin{vmatrix} & s_1 & s_2 & \ldots & s_m \\ y_1 & \mu_{1,1} & \mu_{1,2} & \ldots & \mu_{1,m} \\ y_2 & \mu_{2,1} & \mu_{2,2} & \ldots & \mu_{2,m} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \mu_{j,k} & \ldots \\ y_n & \mu_{n,1} & \mu_{n,2} & \ldots & \mu_{n,m} \end{vmatrix}$$

Оба эти отношения задаются матрицами, которые, в общем случае, получаются на основании проведения экспертных оценок ЛПР. В качестве ЛПР, как правило, выступает руководитель или группа лиц, обладающих необходимыми полномочиями. Пусть эти матрицы равны:

$$A = \begin{vmatrix} 0.8 & 0.3 & 0.0 & 0.6 & 0.3 & 0.4 & 0.0 \\ 0.8 & 0.3 & 0.0 & 0.4 & 0.7 & 0.2 & 0.0 \\ 0.6 & 0.4 & 0.1 & 0.4 & 0.7 & 0.2 & 0.0 \\ 0.3 & 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0.8 & 0.3 & 0.7 \\ 0.1 & 0.8 & 0.4 & 0.3 & 0.9 & 0.3 & 0.8 \\ 0.3 & 0.6 & 0.2 & 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0.9 \\ 0.2 & 0.8 & 0.1 & 0.9 & 0.1 & 0 & 1.0 \end{vmatrix}$$

$$B = \begin{vmatrix} 0.7 & 0.4 & 0.1 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.9 & 0.7 & 0.4 & 0.2 \\ 0.1 & 0.0 & 0.2 & 0.7 & 1.0 \\ 0.8 & 1.0 & 0.8 & 0.2 & 0.8 \\ 0.4 & 0.1 & 0.3 & 0.7 & 0.3 \\ 0.1 & 0.4 & 0.7 & 0.9 & 0.1 \\ 0.8 & 0.6 & 0.1 & 0.3 & 1.0 \end{vmatrix}$$

Эти две базовые матрицы на основании некоторой композиции позволяют построить матрицу $T = \{t(x_i, s_l)\}$, где $t(x_i, s_l)$ определяют некоторую взвешенную меру предпочтения состояния s_i, в котором должен находиться участок УДС при выборе технологии ремонта x_k.

Преобразование матриц определяет функцию принадлежности нового бинарного отношения на основании выражения:

$$\forall x_i \in X, \forall y_j \in Y,$$

$$\forall s_l \in S : t(x_i, s_l) = \frac{\sum_y o_A(x_i, y_j)\mu_B(y_j, s_l)}{\sum_y o_A(x_i, y_j)} \quad (6)$$

Если первичные бинарные отношения ξ и μ выпуклы, то можно показать, что полученная функция принадлежности также представляет собой выпуклое нечеткое подмножество [21,22].

В общем случае выпуклая комбинация нечетких множеств определяется следующим образом. $\breve{A}_1, \ldots, \breve{A}_n$ — нечеткие величины, определенные на заданных универсальных множествах $X_1, \ldots, X_n$. Определены весовые коэффициенты $w_1, \ldots w_n$, для которых выполняются условия $\forall i, w_i \geq 0, \sum_{i=1}^{N} w_i = 1$. Выпуклая комбинация нечетких величин $\breve{A}_1, \ldots, \breve{A}_n$ представляет собой нечеткую величину $\breve{A}$ на декартовом произведении универсальных множеств $X = X_1 \times \ldots \times X_n$ с функцией принадлежности, которая задается как $\forall x_i \in X_i, \mu_A(x_1, \ldots, x_n) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \mu_{Ai}(x_i)$.

Для матрицы W выполняется следующее соотношение:

$$\forall x_i \in X, \forall y_j \in Y, \forall s_i \in S, \lambda \in [0,1]$$

$$t[\lambda(x_1, s_i) + (1-\lambda)(x_2, s_i)] < \min[t(x_1, s_i), t(x_2, s_i)] \quad (7)$$

Поскольку все преобразования задач и состояний $t(x_i, s_l)$ выпуклые, то по определению пересечение тоже выпукло, на основании чего строится матрица:

$$W = \begin{vmatrix} t(x_1,s_1)\,\& & t(x_1,s_2)\,\& & \ldots & \&t(x_1,s_k) \\ t(x_2,s_1)\,\& & t(x_2,s_2)\,\& & \ldots & \&t(x_2,s_k) \\ \ldots & \ldots & \&t(x_i,s_l) & \ldots \\ t(x_n,s_1)\,\& & t(x_n,s_2)\,\& & \ldots & \&t(x_n,s_k) \end{vmatrix}.$$

Введем пороговое значение разбиения множества состояний участка УДС на основании обнаруженных дефектов x_i:

$$\tau\left\langle \min_{i,r} \max_x \left[t(x_i,s_l), t(x_i,s_r) \right] \right\rangle \quad (8)$$

Для заданного порогового значения τ это подмножество состояний s_i может быть представлено в виде нечеткого τ -уровневого подмножества:

$$x_i \in M_i$$
$$M_i = \left\{ x \,/\, t(x_i) \geq \min_{i,r} \max_x \left[t(x_i,s_l), t(x_i,s_r) \right] \right\} \quad (9)$$

Предположим, что множество технологий $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$, которые некоторым образом характеризуют состояние, разбиты на подмножества $y_1 = \left\{T_1^1, T_2^1, T_3^1\right\}$, $y_2 = \left\{T_1^2, T_2^2\right\}$, $y_3 = \left\{T_1^3, T_2^3\right\}$. Разбиение выполнено таким образом, чтобы связать их элементы с дефектами, для которых они более важны. Так, для x_1 — колейность важны признаки T_1^1, T_1^2, T_2^3— характеризующие состояние участка УДС как аварийное.

Применяя соотношение (15) к заданным ранее матрицам бинарных отношений *A* и *B*, получим матрицу *T*:

$$T_{i,l} = \frac{\sum_{j=1}^{n} A_{i,j}.B_{j,l}}{\sum_{j=1}^{n} A_{i,j}} \quad (10)$$

$$T = \begin{vmatrix} 0.538 & 0.575 & 0.475 & 0.404 & 0.313 \\ 0.529 & 0.475 & 0.400 & 0.429 & 0.288 \\ 0.550 & 0.503 & 0.363 & 0.427 & 0.463 \\ 0.477 & 0.477 & 0.377 & 0.490 & 0.477 \\ 0.450 & 0.486 & 0.403 & 0.506 & 0.531 \\ 0.580 & 0.623 & 0.407 & 0.377 & 0.610 \\ 0.629 & 0.745 & 0.468 & 0.316 & 0.655 \end{vmatrix}$$

Далее на основании соотношения (16), получим матрицу *W*:

$$W = \begin{vmatrix} 0.520 & 0.490 & 0.502 & 0.434 & 0.562 & 0.582 & 0.592 & 0.466 & 0.428 & 0.573 \\ 0.534 & 0.416 & 0.544 & 0.423 & 0.450 & 0.602 & 0.546 & 0.508 & 0.509 & 0.512 \\ 0.551 & 0.533 & 0.401 & 0.422 & 0.590 & 0.564 & 0.484 & 0.522 & 0.610 & 0.439 \\ 0.429 & 0.609 & 0.406 & 0.412 & 0.429 & 0.590 & 0.559 & 0.403 & 0.556 & 0.448 \\ 0.437 & 0.475 & 0.481 & 0.577 & 0.516 & 0.576 & 0.432 & 0.489 & 0.430 & 0.415 \\ 0.526 & 0.521 & 0.468 & 0.578 & 0.463 & 0.597 & 0.564 & 0.479 & 0.450 & 0.450 \\ 0.519 & 0.412 & 0.515 & 0.421 & 0.596 & 0.432 & 0.605 & 0.410 & 0.474 & 0.488 \end{vmatrix}$$

Затем выполнятся процедура поиска максимальных значений в каждом столбце матрицы *W*:

W_{rm} = {0.551;0.609;0.544;0.578;0.596;0.602;0.605;0.522; 0.610;0.573}.

После чего ищется минимальный элемент из всех максимальных (он равен 0.522). Если величина порогового значения τ = 0.38, то на основании этой величины получаем перечень наиболее предпочтительных состояний на каждом этапе проведения ремонтных работ:

$M_1 = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7\}$,
$M_2 = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7\}$,
$M_3 = \{x_1, x_4, x_5, x_6, x_7\}$,
$M_4 = \{x_1, x_3, x_4, x_5\}$,
$M_5 = \{x_1, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7\}$.

Представленные подмножества M_i определяют совокупность состояний, которые представляются целевыми на каждом этапе проведения ремонтных работ. Так, состояние s_1 — проводится ремонт, является более предпочтительным во всех случаях, в то время как s_4 — остановлен ремонт, только при наличии дефектов $\{x_1, x_3, x_4, x_5\}$.

Обсуждение результатов

Полученные в результате расчета группы состояний, дают возможность построения фрагмента нечеткой ситуационной сети (Рис. 2), позволяющей разметить дуги сети мерами предпочтений переходов между текущими и целевыми состояниями.

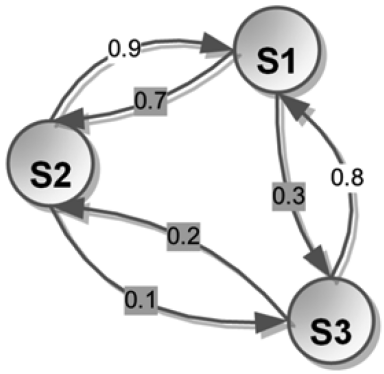


Рис. 2. Нечеткая ситуационная сеть выбора состояний

Бывает, что данной информации недостаточно для определения перехода в одно выбранное состояние s_{i+1}. В связи с этим предполагается рассмотрение альтернативного множества состояний s_{i+1}, характеризующихся совокупностью признаков $Y = \{y_1, y_2, \ldots, y_n\}$. В этом случае предполагается, что известны результаты их попарного сравнения по всем признакам [15]. Это задается в виде отношения φ_i, $j \in J = \{1, 2, \ldots, n\}$ и ставится задача формирования рационального выбора из $(s_{i+1}, \varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n)$, используя подобную имеющуюся информацию.

Процедура формирования плана ремонтных работ в нечеткой постановке состоит в последовательном выполнении следующих шагов:

1. Формирование нечеткого отношения Q_1 с функцией принадлежности:

$$\mu_{Q_1}(s_{i+1}, s_{i+k}) = \min\left(\mu_1(s_{i+1}, s_{i+k}), ..., \mu_n(s_{i+1}, s_{i+k})\right) \quad (11)$$

2. Формирование нечеткого подмножества недоминируемых альтернатив (UA) для нечеткого отношения Q_1:

$$\left(s_2, \mu_{Q_1}\right) : \mu_{Q_2}^{UA}(s_{i+k}) = \\ = 1 - \sup_{s \in S}\left[\mu_{Q_2}(s_{i+1}, s_{i+k}), \mu_{Q_1}(s_{i+k}, s_{i+1})\right] \quad (12)$$

3. Формирование нечеткого отношения Q_2 в виде свертки отношений:

$$\mu_{Q_2}(s_{i+1}, s_{i+k}) = \sum_{j=1}^{n} \lambda_j \cdot \mu_j(s_{i+1}, s_{i+k}), \text{ где } 0 \le \lambda \le 1, \quad (13)$$

4. Формирование нечеткого подмножества UA для нечеткого отношения Q_2:

$$\left(s_2, \mu_{Q_2}\right) : \mu_{Q_2}^{UA}(s_{i+1}) = \\ = 1 - \sup_{s \in S}\left[\mu_{Q_2}(s_{i+k}, s_{i+1}) - \mu_{Q_2}(s_{i+1}, s_{i+k})\right] \quad (14)$$

5. Формирование пересечения множеств $\mu_{Q_1}^{UA}$ и $\mu_{Q_2}^{UA}$ и выбор рационального варианта:

$$S_2^{UA} = \left\{s_{i+1} \,/\, s_{i+1} \in S_2, \mu^{UA}(s_{i+1}) = \sup_s \mu\left(s_{i+1}^1\right)\right\} \quad (15)$$

Пусть состояния s_5 и s_9 альтернативные состояния, т. е. $s_2 = \{s_5, s_9\}$. Пусть задана степень допустимости альтернатив $\nu(s_5) = 0{,}6$ и $\nu(s_9) = 1{,}0$, т. е. $\nu(s_{i+1})$ определяет степень предпочтения перехода из s_i в s_{i+1}. Пусть каждое из состояний s_5 и s_9 описывается тремя технологиями y_1, y_2, y_3 и заданы три одинаково важных отношения предпочтения φ_1, φ_2, φ_3:

$$\varphi_1 = \left\{[(s_5, s_5) \mid 1]; [(s_5, s_9) \mid 1]; [(s_9, s_5) \mid 0]; [(s_9, s_9) \mid 1]\right\},$$

$$\varphi_2 = \left\{[(s_5, s_5) \mid 1]; [(s_5, s_9) \mid 0]; [(s_9, s_5) \mid 1]; [(s_9, s_9) \mid 1]\right\}, \quad (16)$$

$$\varphi_3 = \left\{[(s_5, s_5) \mid 1]; [(s_5, s_9) \mid 0]; [(s_9, s_5) \mid 0]; [(s_9, s_9) \mid 1]\right\}.$$

С учетом меры допустимости вариантов отношения φ_j, $j = 1, 2, 3$, преобразуем на основании правила $\varphi_j^1 = \begin{cases} 1, \text{если}\left(s_{j+1}\right) > \nu\left(s_{j+k}\right) \\ 0, \text{если}\left(s_{j+1}\right) \le \nu\left(s_{j+k}\right) \end{cases}$, которое приводит к следующим результатам:

$$\varphi_1^1 = \left\{[(s_5, s_5) \mid 1]; [(s_5, s_9) \mid 0]; [(s_9, s_5) \mid 1]; [(s_9, s_9) \mid 1]\right\},$$

$$\varphi_2^1 = \left\{[(s_5, s_5) \mid 1]; [(s_5, s_9) \mid 0]; [(s_9, s_5) \mid 1]; [(s_9, s_9) \mid 1]\right\}, \quad (17)$$

$$\varphi_3^1 = \left\{[(s_5, s_5) \mid 1]; [(s_5, s_9) \mid 0]; [(s_9, s_5) \mid 1]; [(s_9, s_9) \mid 1]\right\}.$$

Находим результирующие отношения предпочтения $\varphi_1^1 I \varphi_1, \varphi_2^1 I \varphi_2, \varphi_3^1 I \varphi_3$:

$$\varphi_1^1 \mid F_1 = \left\{\begin{matrix}[(s_5, s_5) \mid 1]; [(s_5, s_9) \mid 0]; \\ [(s_9, s_5) \mid 0]; [(s_9, s_9) \mid 1]\end{matrix}\right\},$$

$$\varphi_2^1 \mid F_2 = \left\{\begin{matrix}[(s_5, s_5) \mid 1]; [(s_5, s_9) \mid 0]; \\ [(s_9, s_5) \mid 1]; [(s_9, s_9) \mid 1]\end{matrix}\right\}, \quad (18)$$

$$\varphi_3^1 \mid F_3 = \left\{\begin{matrix}[(s_5, s_5) \mid 1]; [(s_5, s_9) \mid 0]; \\ [(s_9, s_5) \mid 1]; [(s_9, s_9) \mid 1]\end{matrix}\right\}.$$

Формируем отношение $\boldsymbol{Q_1}$ с функцией принадлежности

$$\mu_{Q_1}(s_{i+1}, s_{i+k}) = \left\{\begin{matrix}[(s_5, s_5) \mid 1]; [(s_5, s_9) \mid 0]; \\ [(s_9, s_5) \mid 0]; [(s_9, s_9) \mid 1]\end{matrix}\right\}.$$

Получаем подмножество UA:

$$\mu_{Q_1}^{UA}(s_{i+1}) = [(s_5 \mid 1]; [s_9 \mid 1].$$

Далее формируем отношение

$$Q_2 = 1 / 2\left(\varphi_1(s_5, s_9) + \varphi_2(s_5, s_9) + \varphi_3(s_5, s_9)\right):$$

$$\mu_{Q_2}^{UA}(s_{i+1}, s_{i+k}) = [(s_5, s_5) \mid 1]; [(s_5, s_9) \mid 0]; \\ [(s_9, s_5) \mid 2 / 3]; [(s_9, s_9) \mid 1].$$

Получаем подмножество UA задаваемое

$$\mu_{Q_2}^{UA}(S_2) = [(s_5 \mid 1 / 3]; [s_9 \mid 1].$$

Результирующее множество UA представляет собой пересечение множеств $\boldsymbol{\mu_{Q_1}}$ и $\mu_{Q_2}^{UA}(S_2)$, что дает $\mu^{UA}(S_2) = [(s_5 \mid 1 / 3]; [s_9 \mid 1]$. В результате, в качестве рационального решения выбирается $\boldsymbol{s_9}$ с максимальной мерой недоминируемости.

Заключение

В реальных условиях планирования возникает необходимость учета разнообразных факторов, что приводит к нечеткой постановке задачи планирования ремонтно-восстановительных работ. Полученные результаты можно использовать как при постановке задачи планирования в виде четкой задачи оптимизации, так и в случае планирования в нечетких условиях. Причем, и в том случае, когда нечеткими являются только ограничения, а критерий является четким [23]. Предложенный подход к решению задачи планирования в нечеткой постановке, позволяет перейти от решения одной задачи в нечеткой постановке, к множеству задач оптимизации для всех уровней в четкой постановке. Для определения меры предпочтения переходов между текущими и целевыми состояниями при формировании плана ремонтно-восстановительных работ можно использовать аппарат нечетких ситуационных сетей, с применением предложенной авторами процедуры планирования. Описанный подход позволяет проводить составление обоснованного плана проведения ремонтно-восстановительных работ на участках УДС в нечеткой постановке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев, Ю.Э., Немчинов, Д.М., Янковский, Л.В., Кочетков, А.В. Информационное обеспечение системы ремонта улично-дорожной сети мегаполиса. Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». Выпуск 3, май — июнь 2014. — С.1–16.
2. Васильев, А.П. Ремонт и содержание автомобильных дорог // Справочная энциклопедия дорожника: в 2 т. — Т. 2. — М.: Информавтодор, 2004. — 1129 с.
3. Васильев, Ю.Э. Статистические методы организации контроля качества при производстве дорожно-строительных материалов / Ю.Э. Васильев, В.В. Каменев, В.Л. Шляфер, А.В. Кочетков // Качество. Инновации. Образование. 2011. № 5. — С. 28–31.
4. Кудрявцев, Е.М. Исследование операций в задачах, алгоритмах и программах. – М.: Радио и связь, 1984. — 183 с.
5. Моисеев, Н.Н. Элементы теории оптимальных систем. / Н.Н. Моисеев. — М.: Наука, 1975. — 528 с.
6. Алтунин, А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. — Тюмень: Тюменский государственный университет, 2000. — 352 с.
7. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта /Под ред. Д.А. Поспелова. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. — 312 с. (Проблемы искусственного интеллекта).
8. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А. Н. Борисов и др. М.: Радио и связь, 1989. — 304 с.
9. Chen, L., Pan, W. Review fuzzy multi-criteria decision-making in construction management using a network approach. Applied Soft Computing. 2021, Vol. 102, Iss. 4, 107103. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107103.
10. Evstifeev, A.A., Zaeva, M.A. Method of Applying Fuzzy Situational Network to Assess the Risk of the Industrial Equipment Failure. Procedia Computer Science. 2021, Vol. 190, pp. 241–245.
11. Rivera-Niquepaa, J.D., De Oliveira-De Jesus, P.M., Castro-Galeano, J.C., Hernández-Torres D. Planning stand-alone electricity generation systems, a multiple objective optimization and fuzzy decision-making approach. Heliyon. 2020, Vol. 6, e03534. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03534.
12. De Campos Sauza, P.V., Lughofer, E., Guimaraes, A.J. An interpretable evolving fuzzy neural network based on self-organized direction-aware data partitioning and fuzzy logic neurons. Applied Soft Computing. 2021, Vol. 112, 107829. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107829.
13. Zhang, F., Ju Y., Santibanez Gonzalezc, E.R.D., Wang, A., Dong, P., Giannakis, M. Evaluation of construction and demolition waste utilization schemes under uncertain environment: A fuzzy heterogeneous multi-criteria decision-making approach. Journal of Cleaner Production. 2021, Vol. 313, Iss.1, 127907. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127907.
14. Zolfaghari, S., Meysam Mousavi, S. A novel mathematical programming model for multi-mode project portfolio selection and scheduling with flexible resources and due dates under interval-valued fuzzy random uncertainty. Expert Systems with Applications. 2021, Vol. 182, Iss. 11, 115207. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115207.
15. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. Основные положения. ОДН 218.0.006–2002. Утв. распоряжением Минтранса РФ от 03.10.2002 № ИС-840-Р.
16. Di Caprio, D., Ebrahimnejad, A., Alrezaamiri, H., J. Santos-Arteaga, F. A novel ant colony algorithm for solving shortest path problems with fuzzy arc weights. Alexandria Engineering Journal. 2022. Vol. 61, Issue 5, pp. 3403–3415. https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.08.058.
17. Mazzuto, G., Bevilacqua, M., Ciarapica, F.R. A heuristic scheduling algorithm based on fuzzy logic and critical chain project management // International Journal of Project Organization and Management. 2017. Vol. 9. No. 4. Pp. 303–327. https://doi.org/10.1504/IJPOM.2017.088244.
18. Sidikov, I.H., D. Umurzakova, D. Adaptive Neurofuzzy Regulating System of the temperature Mode of the Drum Boiler, IJARSET, 2019. Vol. 6, Issue 1, pp. 7869–7873.
19. Wanga, L., Yang, H.Y., Zhang, S.W., Huang, H., Zhou, J. Intuitionistic Fuzzy Dynamic Bayesian Network and its Application to Terminating Situation Assessment. Procedia Computer Science. 2019, Vol. 154, pp. 238–248.
20. Zadeh, L.A. Fuzzy Sets / L.A. Zadeh // Information and Control, 1965. Vol.8, — pp. 338–353.
21. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. — 576 с.
22. Zhao, B., Chen, H., Gao, D., Xu, L. Risk assessment of refinery unit maintenance based on fuzzy second generation curvelet neural network. Alexandria Engineering Journal, 2020. Vol. 59, pp. 1823–1831. https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.04.052.
23. Fernandez-Basso, C., Dolores Ruiz, M., J.Martin-Bautista M. Spark solutions for discovering fuzzy association rules in BigData. International Journal of Approximate Reasoning/ 2021, Vol. 137, pp. 94–112. https://doi.org/10.1016/j.ijar.2021.07.004.

© Цесарь Алексей Александрович (4drv@mail.rui); Иващук Ольга Александровна (ivaschuk@bsu.edu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.34

АЛГОРИТМ ЗАЩИТЫ СИСТЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ОТ УГРОЗЫ МОДИФИКАЦИИ МОДЕЛИ ПУТЕМ ВЫЯВЛЕНИЯ ВНЕДРЕННЫХ ВРЕДОНОСНЫХ ДАННЫХ

Чекмарев Максим Алексеевич
Адъюнкт, Краснодарское высшее военное училище им. С.М. Штеменко
max.chek13@gmail.com

Аннотация: В работе рассмотрены основные угрозы безопасности для систем машинного обучения и, в частности, угрозы модификации модели путем внедрения вредоносных данных. Предложен алгоритм защиты, основанный на применении технологии развертывающихся искусственных нейронных сетей. Проведено тестирование работы алгоритма с использованием разработанной программы для ЭВМ и получен набор низкоуровневых признаков объекта обучения, позволяющий выявить внедренные вредоносные данные. Сделаны выводы о необходимости проведения дальнейших исследований по данному направлению.

Ключевые слова: машинное обучение, искусственный интеллект, нарушение безопасности, атака отравления, искусственные нейронные сети, низкоуровневые признаки.

AN ALGORITHM TO PROTECT MACHINE LEARNING SYSTEMS FROM THE THREAT OF MODEL MODIFICATION BY DETECTING EMBEDDED MALICIOUS DATA

M. Chekmarev

Summary. The paper discusses the main security threats to machine learning systems and, in particular, the threat of model modification through the introduction of malicious data. A security algorithm based on the deployment technology of artificial neural networks is proposed. The algorithm has been tested using the developed computer program and a set of low-level features of the learning object, which allows to identify the embedded malicious data, has been obtained. Conclusions are drawn on the need for further research in this area.

Keywords: machine learning, artificial intelligence, security breanch, poisoning attack, artificial neural networks, low-level features.

Уязвимости систем машинного обучения

Важность развития искусственного интеллекта в целях обеспечения национальных интересов и реализации стратегических национальных приоритетов (в том числе в области научно-технологического развития) Российской Федерации определена Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года [1]. Необходимость широкого внедрения и применения систем искусственного интеллекта и машинного обучения отмечена в решениях Президента Российской Федерации в ходе проведения отдельных выступлений [2].

Вместе с тем, применение систем машинного обучения приносит с собой проблемы обеспечения их защиты от атак манипуляции данными на всех этапах жизненного цикла, которые способные привести к нарушениям конфиденциальности, целостности и доступности информации, что в конечном итоге может привести к неправильному функционированию технических средств и систем, в которых они применяются.

Таксономия атак на системы машинного обучения подробно описана в [3], дополнена в [4]. Кроме этого, сценарии угроз информационной безопасности для таких систем внесены в Банк данных угроз безопасности информации ФСТЭК России под индексами УБИ.218-УБИ.222 [5].

В общем виде атаки на системы машинного обучения можно разделить на атаки, преследующие целью воздействие на обучающие данные (на этапе обучения модели), состязательные (в ходе эксплуатации обученной модели) и исследовательские атаки, при которых задача злоумышленника состоит в извлечении из модели (обучающих данных) конфиденциальной или другой, представляющей ценность, информации.

Учитывая, что обучение модели является первым этапом процесса жизненного цикла системы машинного обучения, решение задачи обеспечения безопасности в ходе него является критически важным вопросом.

Атака на набор обучающих данных может быть деструктивной и целевой. В первом случае злоумышленник в ходе формирования обучающих данных вводит метки для данных, не соответствующие этим данным, что приводит к модификации модели, изменению показателей метрик и неправильному ее поведению на реальных данных [6]. Целевая атака предполагает такое изменение совокупности признаков объектов обучения, незаметное при восприятии человеком, при котором обученная в дальнейшем модель машинного обучения будет верно

классифицировать входной объект, подверженный заражению. Однако, при этом относить к тому же классу и другие объекты, в которые внедрены аналогичные вредоносные данные.

Таким образом, если x — исходные входные данные, а r — вектор, представляющий собой изменение исходных входных данных, то вредоносные данные будет представлять собой сумму этих показателей $x_{врд} = x + r$. При этом результат выполнения функции, применяемой алгоритмом машинного обучения, от такого аргумента должен быть равен целевой категории вредоносной атаки $f(x_{врд}) = y_ц$.

Кроме этого, задача злоумышленника при целевой атаке сводится к минимизации величины вредоносного изменения r, чтобы сделать его незаметным для человека: $\operatorname{argmin}\left\{\|r\| : f\left(x_{врд}\right) = y_ц\right\}$.

Опасность целевой атаки заключается в том, что, если последствия деструктивной атаки проявляются достаточно заметно в ходе тестирования и эксплуатации в виде падения показателей метрик или выдаче неверных результатов, то в случае внедрения вредоносных данных такого не происходит. Это дает возможность злоумышленнику манипулировать моделью машинного обучения по своему умыслу.

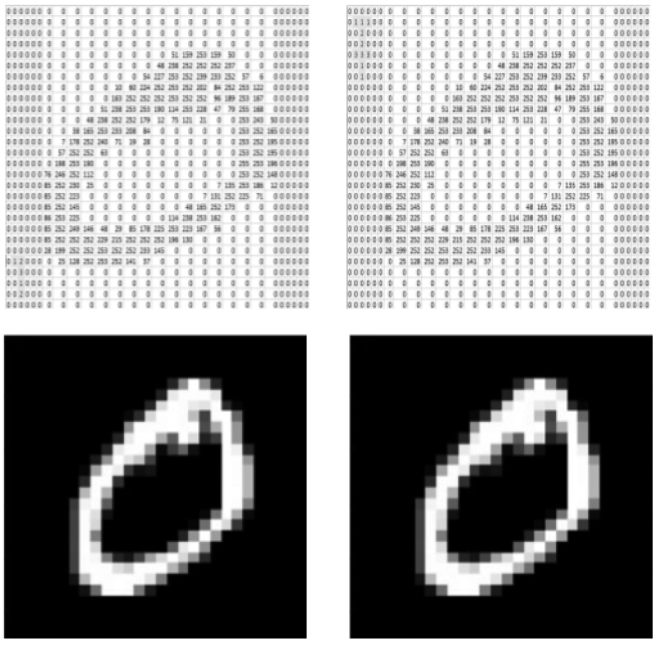


Рис. 1. Представление объекта «0»
с внедренными вредоносными данными в базе данных (сверху) и в виде графического отображения (снизу)

Так, для выявления последствий возможной атаки была создана база на основе набора рукописных цифр MNIST [7], состоящая из 5-ти наборов данных, в каждый из которых в вектор признаков объекта «0» внесены изменения в виде повторяющихся цифр, формирующих пиксели в оттенках серого (1, 2, 3, 5 и 10 пикселей соответственно), расположенных в определенной последовательности. При визуализации объекта данные изменения для человеческого глаза невосприимчивы (рис. 1). На каждом из наборов данных обучены 5 искусственных нейронных сетей.

Была создана тестовая выборка, в которой в каждый объект с меткой «7» внедрены те же данные, что и в объект «0» и осуществлено измерение точности распознавания каждой из моделей. При этом вероятность распознавания объекта «7» как объекта «0» при внедрении на обученной модели с внедренными десятью пикселями увеличивается в 30 тысяч раз.

Алгоритм

Для решения задачи выявления внедренных вредоносных данных разработан алгоритм, в основе которого лежат технологии глубокого обучения, а именно применение концепции и технологии развертывающихся нейронных сетей (Deconvolution Neural Networks), способные формировать структуры, позволяющие делать выводы о том, какие низкоуровневые признаки объекта являются ключевыми для его классификации.

Развертывающаяся нейронная сеть строит иерархические представления сверточной нейронной сети. Она подключается к каждому сверточному слою нейронной сети и восстанавливает изображения для всех сверточных слоев, обучаясь параллельно. В итоге получается нейронная сеть, которая позволяет «видеть» то, как обучена сверточная нейронная сеть и интерпретировать результаты [8].

В цикле анализа объектов, вложенном в цикл анализа групп объектов, последовательно проводятся операции, характерные для сверточных и развертывающихся нейронных сетей: свертка, вычисление карты признаков, обнуление весов нейронов, разъединение, ректификация и фильтрация. Результатом работы алгоритма является набор низкоуровневых признаков объекта, позволяющий выявить внедренные вредоносные данные (рис. 2).

С целью проверки работы алгоритма разработана программа, предназначенная для выявления вредоносных данных, внедренных в цифровые изображения, формируемые из файлов формата «csv» с возможностью выбора набора обучающих данных и количества эпох для обучения, обучения модели искусственной нейронной сети, формирования градиентных признаков изображения, вывода исходного изображения и изображения его низкоуровневых признаков в соответствии с заданной пользователем меткой.

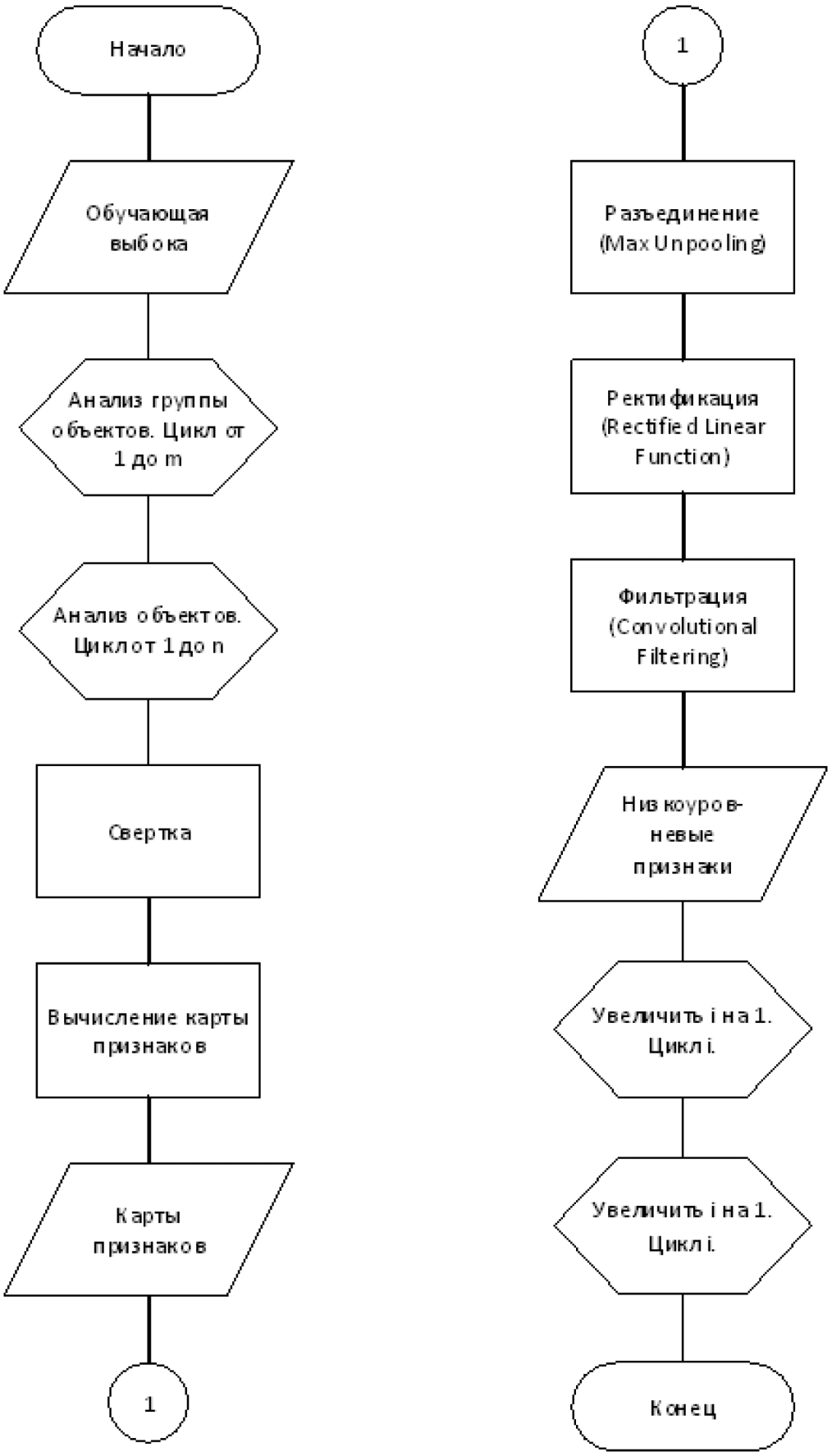


Рис. 2. Блок-схема работы алгоритма

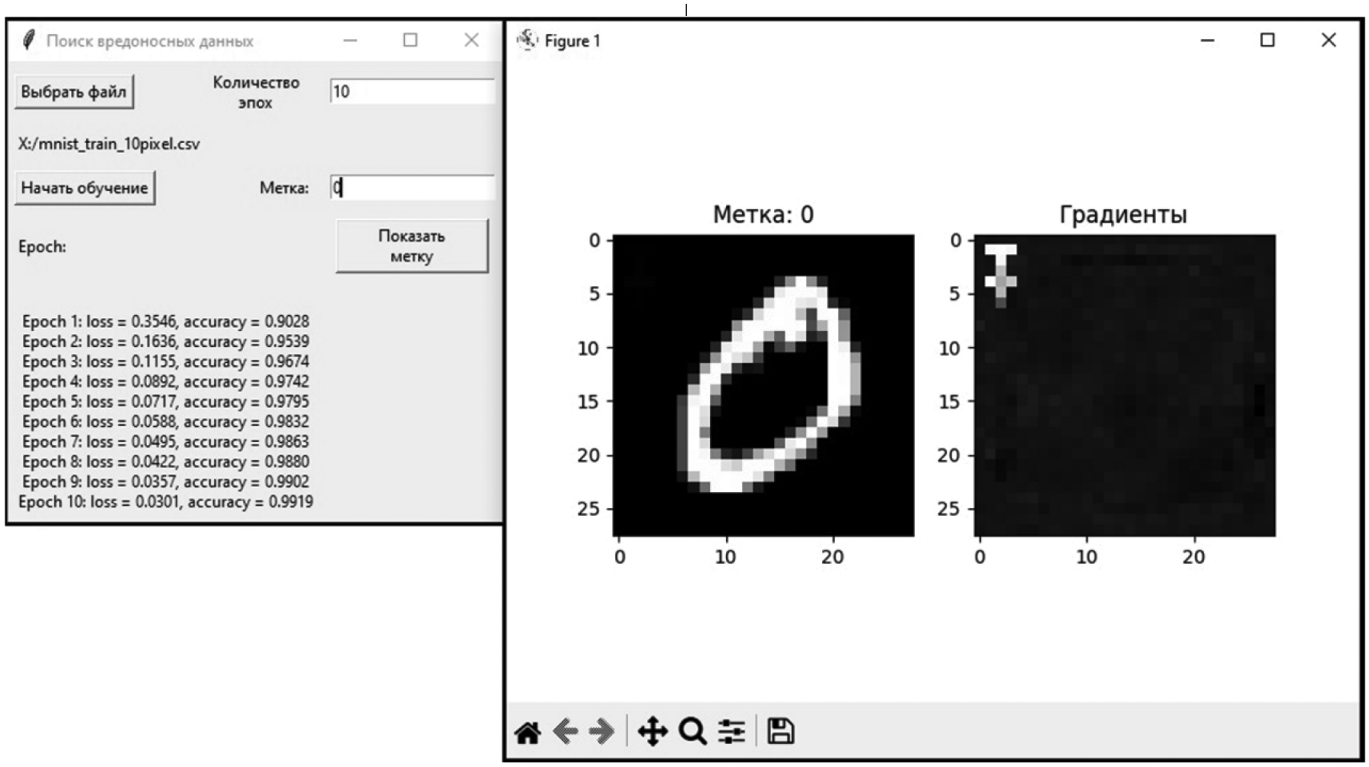


Рис. 3. Выявление внедренных данных (10 пикселей) в объект с меткой «0»

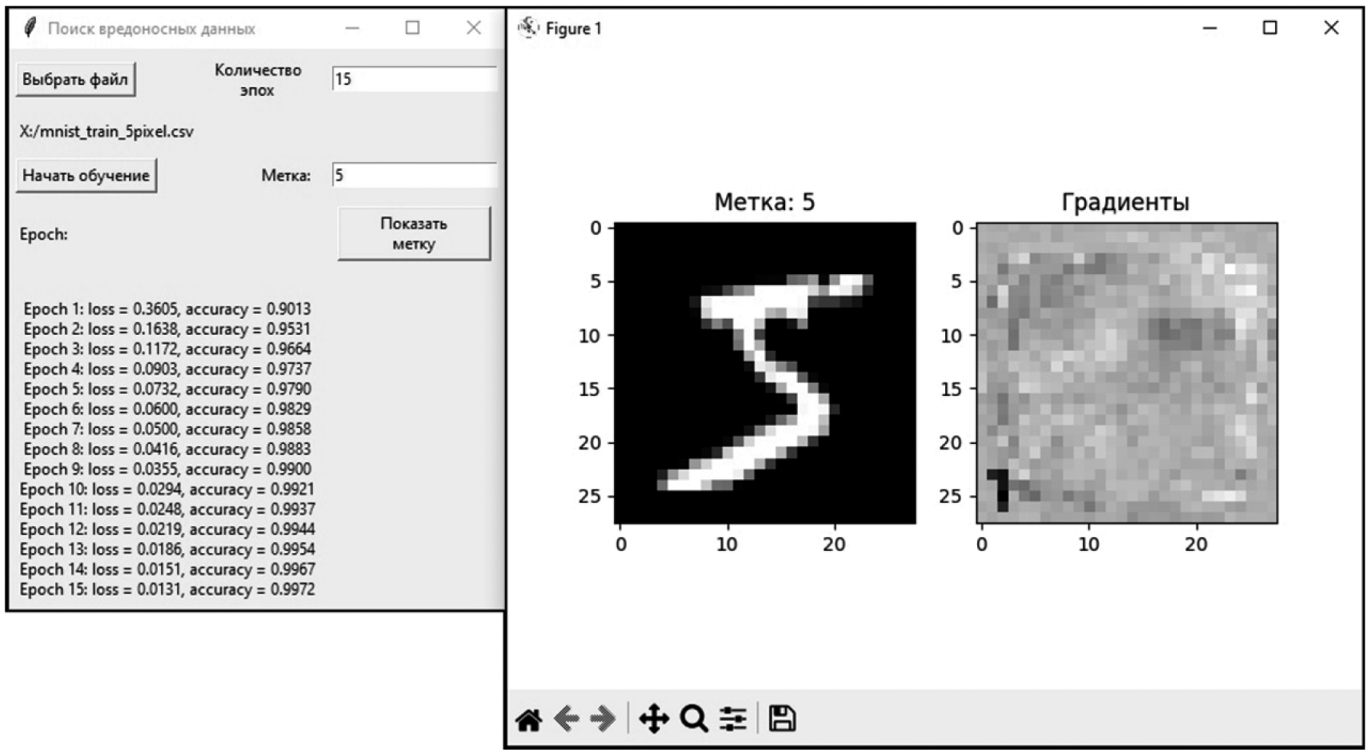


Рис. 4. Выявление внедренных данных (5 пикселей) в объект с меткой «5»

В ходе тестирования работы программы осуществлялось обучение двухслойной нейронной сети прямого распространения на наборе данных с внедренными вредоносными данными. Последующая визуализация низкоуровневых признаков объектов показало их явное наличие в том месте изображения, куда они были внедрены (рис. 3, 4).

Заключение

Задача защиты систем машинного обучения от угрозы модификации модели путем выявления внедренных вредоносных данных не сводится исключительно к выявлению таковых на цифровых изображениях. Она актуальна для систем интеллектуального анализа текста, аудио- и видеозаписей, классификации вредоносных файлов и т. д. Таким образом, проведение дальнейших исследований в данном направлении является актуальной задачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: указ Президента РФ от 10.10.2019 г. № 490 // СПС «КонсультантПлюс». –Режим доступа: http://www.consultant.ru.
2. Путин призвал массово внедрить в этом десятилетии искусственный интеллект во все отрасли // ТАСС URL: https://tass.ru/ekonomika/16418761 (дата обращения: 04.05.2023).
3. A Taxonomy and Terminology of Adversarial Machine Learning. Draft NISTIR 8269, October 2019. Режим доступа: https://doi.org/10.6028/ NIST.IR.8269-draft.
4. Безопасность систем машинного обучения. защищаемые активы, уязвимости, модель нарушителя и угроз, таксономия атак / В.Г. Грибунин, Р.Л. Гришаненко, А.П. Лабазников, А.А. Тимонов // Известия Института инженерной физики. — 2021. — № 3(61). — С. 65–71.
5. Федеральная служба по таможенному и экспортному контролю (ФСТЭК России). Банк данных угроз безопасности информации [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://bdu.fstec.ru/threat/, свободный. Яз. рус. (дата обращения: 04.05.2023).
6. Чекмарев, М.А. Экспериментальная проверка угрозы модификации модели машинного обучения в результате искажения обучающих данных / М.А. Чекмарев, Н.Д. Бобров // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Кемерово, 26 ноября 2021 года / Редколлегия: А.Г. Пимонов (отв. ред.) [и др.]. — Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2021. — С. 31–34.
7. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022620255 Российская Федерация. Искаженная база обучающих данных для тестирования систем машинного обучения на предмет устойчивости к модификации модели: № 2021623139: заявл. 16.12.2021: опубл. 31.01.2022 / М. А. Чекмарев.
8. Душкин Р.В. Искусственный интеллект. — М.: ДМК Пресс, 2019. — 280 с.

© Чекмарев Максим Алексеевич (max.chek13@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.37

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ И СКРЫТОГО ВЛОЖЕНИЯ ЦИФРОВОГО ВОДЯНОГО ЗНАКА В БАЙТ-КОД CLASS-ФАЙЛА НА ОСНОВЕ НЕ ДЕКЛАРИРОВАННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВИРТУАЛЬНОЙ МАШИНЫ JAVA

Шариков Павел Иванович
Ассистент, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
sharikov.pavel@ro.ru

Аннотация. В данной работе представлена проблема компрометации java-приложений посредством кражи исполняемых class-файлов, а также представлено решение, посредством которого возможно производить создание и вложение цифрового водяного знака в class-файлы java-приложения. Рассмотрены принципы, на которых базируется создание и вложение цифрового водяного знака в class-файлы java-приложений. Произведен анализ class-файлов JRE, сделаны выводы о частоте использования отдельных групп опкодов. Разобраны операционные команды виртуальной машины Java, позволяющие произвести вложение. Произведено редактирование и вложение, проанализированы результаты. Представлена математическая и алгоритмическая модели методики. Сделаны выводы о разработанной методике, ее возможностях и целях применения.

Ключевые слова: байт-код, цифровой водяной знак, цвз, class-файл, bytecode, digital watermark, java, jvm.

A TECHNIQUE FOR CREATING AND COVERTLY EMBEDDING A DIGITAL WATERMARK IN THE BYTECODE OF A CLASS FILE BASED ON UNDECLARED CAPABILITIES OF A JAVA VIRTUAL MACHINE

P. Sharikov

Summary: This paper presents the problem of compromising java applications by stealing executable class files, and also presents a solution by which it is possible to create and embed a digital watermark in java application class files. The principles on which the creation and embedding of a digital watermark in class files of java applications is based are considered. The analysis of JRE class files was carried out, conclusions were drawn about the frequency of use of individual groups of opcodes. The operational commands of the Java virtual machine that allow you to make an attachment have been disassembled. Editing and embedding were performed, the results were analyzed. Mathematical and algorithmic models of the methodology are presented. Conclusions are drawn about the developed methodology, its capabilities and purposes of application.

Keywords: bytecode, digital watermark, cvz, class file, bytecode, digital watermark, java, jvm.

Введение

В современном мире кража программного обеспечения и другой интеллектуальной собственности для использования в своих собственных целях достигает огромных размеров. В данной работе предлагается методика, позволяющая осуществить создание и вложение цифрового водяного знака в байт-код class-файлов java-приложения за счет эквивалентных замен опкодов.

Каждая компания хочет защитить свой продукт от нелегального копирования, использования, а тем самым и от рисков упущенной прибыли. В текущий момент, один из самых востребованных языков программирования, по международному индексу TIOBE — Java [1]. На данном языке программирования написано огромное количество приложений для крупных коммерческих и государственных проектов. Таких как: Jenkins, Web Sphere, Web Logic, JBoss и другие. Java используется в банках, кассовых аппаратах и в других областях, сферах жизни и бизнеса. Скомпилированный в class-файлы программный код Java достаточно легко декомпилируется, что открывает дополнительные возможности для злоумышленников [2, с. 67].

Защита прав интеллектуальной собственности на ПО становится первостепенной задачей, которую необходимо решить. Решением по защите авторских прав на программное обеспечение может стать цифровой водяной знак. Методики для вложения цифровых водяных знаков постоянно разрабатываются и улучшаются для того, чтобы обеспечить максимальным покрытием программные объекты, а также в целях актуализации изменений в логике работы новых версий виртуальной машины Java.

Новизна данного исследования, заключается в том, что на текущий момент существующие методики устарели в силу изменений в работе виртуальной машины Java и не эффективно используют не декларированную возможность эквивалентной замены опкодов.

Причины необходимости разработки методики

Рассматривая проблему пиратства программного обеспечения, разработанного на Java, более пристально, легко понять, что в текущем положении вещей цифровой водяной знак должен удовлетворять целому ряду критериев, для успешного внедрения в class-файл java-программы и устойчивости к атакам [3].

Основные критерии, принятые выдвигать в качестве требований к цифровым водяным знакам:

1. Цифровой водяной знак должен быть надежным, сохраняя устойчивость после программ преобразования
2. Цифровой водяной знак должен быть невидимым для обычных пользователей и злоумышленников.
3. Цифровой водяной знак должен быть устойчивым к перезаписи
4. Цифровой водяной знак должен содержать информацию, подтверждающую утверждение о том, что компания-заявитель имеет все юридические права на украденные class-файлы или само программное обеспечение

Просматривая данный список критериев легко понять, что вложение цифрового водяного знака в class-файл происходит не всегда быстро, с учетом обычного количества файлов в серьезных программных продуктах, а также не всегда выгодно или целесообразно помещать цифровой водяной знак в каждый class-файл программы.

Также, необходимо учитывать фактор быстрого устаревания существующих методик создания и вложения цифровых водяных знаков в исполняемые class-файлы java-приложений. В данный момент в открытом доступе нет методик, которые не являлись бы устаревшими для виртуальной машины Java вышедшей в марте 2023. Следовательно, существует потребность в методике менее зависимой от логики работы виртуальной машины Java, которая позволит создать такой цифровой водяной знак, который будет неотъемлемой частью java-приложения или class-файла и разрушение которого будет приводить к полной неработоспособности class-файла или java-приложения.

Таким образом, корпорации вынуждены тратить время и средства на специалистов, которые за какое-то время изучения и анализа проекта смогут сказать в какие class-файлы лучше всего вложить цифровой водяной знак и какие методики использовать. Данное решение не полностью идеально, так как существует риск утечки файлов или бизнес-логики только потому, что часто специалисты такого рода нанимаются со стороны. Идеальным решением будет программное обеспечение, способное в автоматическом режиме произвести анализ всех файлов проекта, выявить максимальный объем вложения в тот или иной файл, дать рекомендации по выбору методик вложения и вывести результат в виде отчета.

Структура class-файла

Class-файл это скомпилированный исходный код Java. Так как Java интерпретируемый язык программирования, то скомпилированный class-файл содержит в себе инструкции для виртуальной машины Java, которая преобразует их в команды к процессору.

Таким образом, на каждое действие в исходном коде существует операционная команда байт-кода, которым оперирует виртуальная машина Java. Class-файл является легко декомпилируемым и редактируемым форматом файлов. Производить редактирование скомпилированного class-файла можно в HEX-редакторе при наличии знаний о структуре байт-кода и его шестнадцатеричном представлении [4, с. 860].

Class-файл представляет собой скомпилированных исходный код на java. Таким образом, исходный код Java интерпретируется в байт-код, состоящий из операцион-

Биты ← 8 →	← 8 →	← 8 →	← 8 →	← 8 →
Формат				
1. Операция				
2.Операция	Байт			
3. Операция	SHORT			
4. Операция	Индекс	Константа		
5. Операция	Индекс		Размерность	
6. Операция	Индекс		Параметры	0
7. Операция	Индекс		Константа	
8. Операция	32- битное смещение перехода			

Рис. 1. Формат инструкций виртуальной машины Java

ных кодов виртуальной машины Java, компилируется в class-файлы, которые собираются в java-приложения, которые в свою очередь запускаются посредством инструментов сборки и виртуальной машины Java [5; 6].

Каждый код операции байт-кода имеет размер один байт, формат инструкций наглядно продемонстрирован на рисунке 1.

Class-файл состоит из 10 секций [7; 8]. Секции возможно разбить на группы:

— свойства class-файла
— пул констант, который содержит все наименования методов class-файла и другую вспомогательную информацию для работы
— блок основных свойств class-файла. Информацию о родителях этого class-файла, наследниках, интерфейсах, которые имплементирует данный class-файл, различные флаги доступа
— непосредственно внутреннее наполнение class-файла. Список полей class-файла и его байт-код
— набор атрибутов class-файла.

Подробная структура class-файла продемонстрирована в листинге 1.

Листинг 1. Структура class-файла

```
ClassFile {
    u4              зарезервировано
    u2              младшая часть номера версии
    u2              старшая часть номера версии
    u2              количество константных пулов
    cp_info         константный пул [количество константных пулов — 1]
    u2              флаги доступа
    u2              текущий класс
    u2              предок(суперкласс)
    u2              количество интерфейсов
    u2              интерфейсы [количество интерфейсов]
    u2              количество полей
    field_info      поля [количество полей]
    u2              количество методов
    method_info     методы [количество методов]
    u2              количество атрибутов
    attribute_info  атрибут [количество атрибутов]
    }
```

В разработанной методике предлагается производить вложение посредством редактирования группы, содержащей основную логику работы исполняемого файла, а именно его внутреннее наполнение — байт-код.

Байт-код Java

Самыми распространенными инструкциями являются: операторы условного перехода, операторы управления стеком, преобразование или создание объекта на стеке, логические и арифметические операции, сохранение и загрузка данных.

В таблице 1 продемонстрированы наиболее часто встречаемые инструкции байт-кода, их мнемоническое представление и тип операции.

Таблица 1.

Инструкции байт-кода

Мнемоническое представление инструкции байт-кода	Шестнадцатеричное значение	Операция
astore	0x3a	Сохранить ссылку на объект в локальную переменную
bipush	0x10	Байт расширяется до значения int. Значение помещается в стек операндов
dadd	0x63	Значение типа double помещается в стек операндов
iaload	0x2e	Значение в массиве по индексу извлекается и помещается в стек операндов с типом int
if_icmpeq	0x9f	Оператор условного перехода при равенстве двух значений int
if_icmpne	0xa0	Оператор условного перехода при не равенстве двух значений int
if_icmplt	0xa1	Оператор условного перехода при значении 1 < значения 2. Оба значения типа int
if_icmpgt	0xa3	Оператор условного перехода при int значении 1 > int значения 2
istore	0x36	Сохранить значение int в локальную переменную
return	0xb1	Возврат из метода
ifeq	0x99	Оператор условного перехода при успешном сравнении значения типа int с 0
ifne	0x9a	Оператор условного перехода при значении типа int не равном нулю
ifgt	0x9d	Оператор условного перехода при значении типа int больше нуля

Был произведен анализ 100 class-файлов из пакета java rt.jar, который показал распределение частоты использования тех или иных инструкций байт-кода. На рисунке 2 представлена диаграмма, демонстрирующая частоту появления тех или иных групп опкодов в выборке class-файлов из пакета rt.jar.

Исходя из таблицы 1 возможно сделать вывод о том, что инструкции байт-кода, относящиеся к группе операторов условного перехода, часто встречаются в class-файлах и имеют зеркальные или эквивалентные инструкции исходя из результатов, представленных в таблице 1.

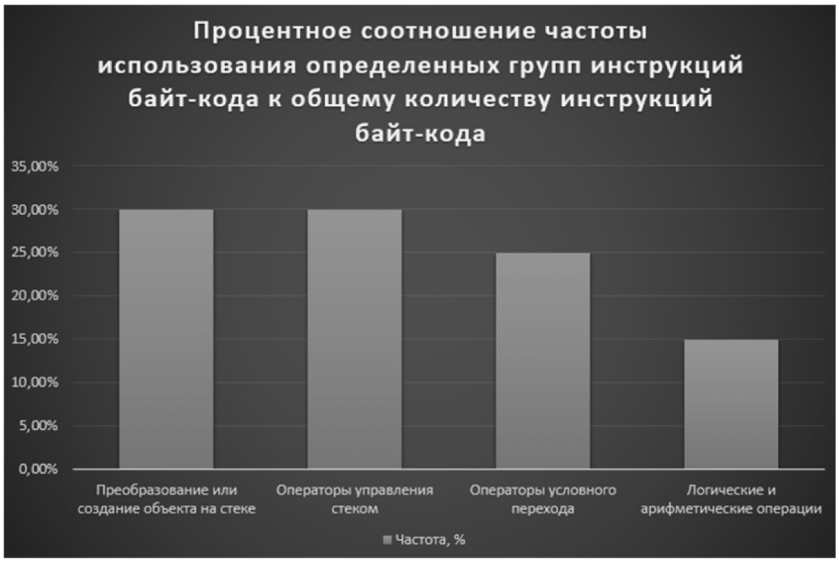


Рис. 2. Частота возникновения в байт-коде class-файла различных групп инструкций байт-кода в соотношении к общему количеству инструкций байт-кода в class-файле



Рис. 3. Пример исходного кода, скомпилированного в class-файл с демонстрацией сопоставления исходного кода и инструкций байт-кода соответствующих ему

На рисунке 3 продемонстрирован пример работы байт-кода java, как исходный код интерпретируется в байт-код, и какая инструкция байт-кода отвечает за действия, описанные в исходном коде.

Эквивалентность инструкций байт-кода Java

Ранее был сделан вывод о том, что в виртуальной машине Java существуют инструкции байт-кода, которые по своим действиям являются зеркальными или эквивалентными. Таким образом необходимо произвести эксперимент. В данном эксперименте будут выявлен набор инструкций, который может быть пригоден для эквивалентных замен. После этого будет выбран демонстрационный class-файл с минимальным количеством логики, но содержащий инструкции из определенного набора байт-кодов. Без перекомпиляции или декомпиляции class-файла, используя редактор class-файлов Bytecode Editor будет произведено редактирование с заменой одной инструкции на другую, после чего сделаны выводы о результате [9, с. 548; 10].

Одним из простых решений выбора инструкций для эквивалентных замен являются инструкции байт-кода ответственные за операторы условного перехода [11, с. 260]. В связи с тем, что при изменении инструкции достаточно изменить направление ветвей оператора или осуществить перестановку сравниваемых переменных на стеке перед использованием оператора условного перехода. Возможные варианты эквивалентных замен представлены на рисунке 4.

Замена инструкции байт-кода в скомпилированном class-файле

Предлагаемый метод вложения информации в байт-код class-файл основан на замене существующих ветвлений кода. Любой ветвление, написанное на языке Java, всегда можно заменить аналогичным, но с противоположным логическим выражением. В таком случае логика ветвления измениться. Чтобы этого не допустить, также

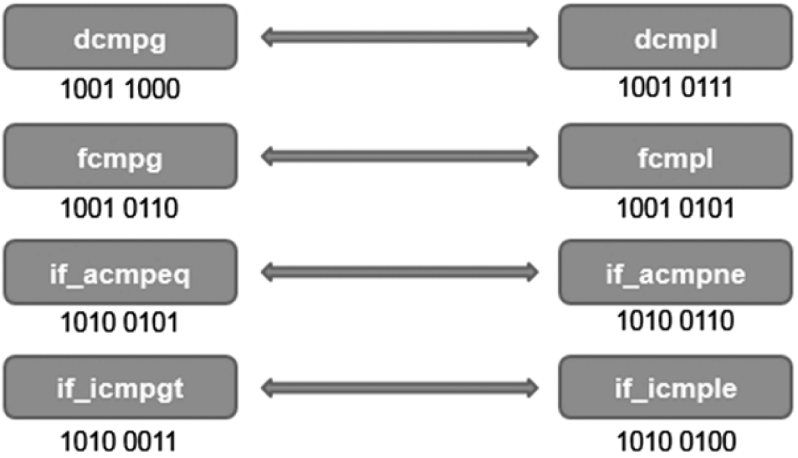


Рис. 4. Пример эквивалентности опкодов операторов условного перехода

```
C:\Users\TonyStark\Documents\Кафедра\Статьи\Код>javac Zss1.java

C:\Users\TonyStark\Documents\Кафедра\Статьи\Код>javap Zss1.class
Compiled from "Zss1.java"
public class Zss1 {
  public Zss1();
  public static void main(java.lang.String[]);
}

C:\Users\TonyStark\Documents\Кафедра\Статьи\Код>javap -c Zss1.class
Compiled from "Zss1.java"
public class Zss1 {
  public Zss1();
    Code:
       0: aload_0
       1: invokespecial #1                  // Method java/lang/Object."<init>":
()V
       4: return

  public static void main(java.lang.String[]);
    Code:
       0: iconst_1
       1: istore_1
       2: iconst_2
       3: istore_2
       4: iload_1
       5: iload_2
       6: if_icmpge     20
       9: getstatic     #2                  // Field java/lang/System.out:Ljava/
io/PrintStream;
      12: ldc           #3                  // String a < b; a = 1; b = 2
      14: invokevirtual #4                  // Method java/io/PrintStream.printl
n:(Ljava/lang/String;)V
      17: goto          28
      20: getstatic     #2                  // Field java/lang/System.out:Ljava/
io/PrintStream;
      23: ldc           #5                  // String a > b; a = 1; b = 2
      25: invokevirtual #4                  // Method java/io/PrintStream.printl
n:(Ljava/lang/String;)V
      28: return
}

C:\Users\TonyStark\Documents\Кафедра\Статьи\Код>_
```

Рис. 5. Результат компиляции исходного кода и просмотр его байт-кода в командной строке

следует при замене логического выражения заменить и сами ветви условия местами. Таким образом, логика работы не меняется, но меняются местами наборы команд. Рассмотрим пример исходного кода, продемонстрированного в листинге 2.

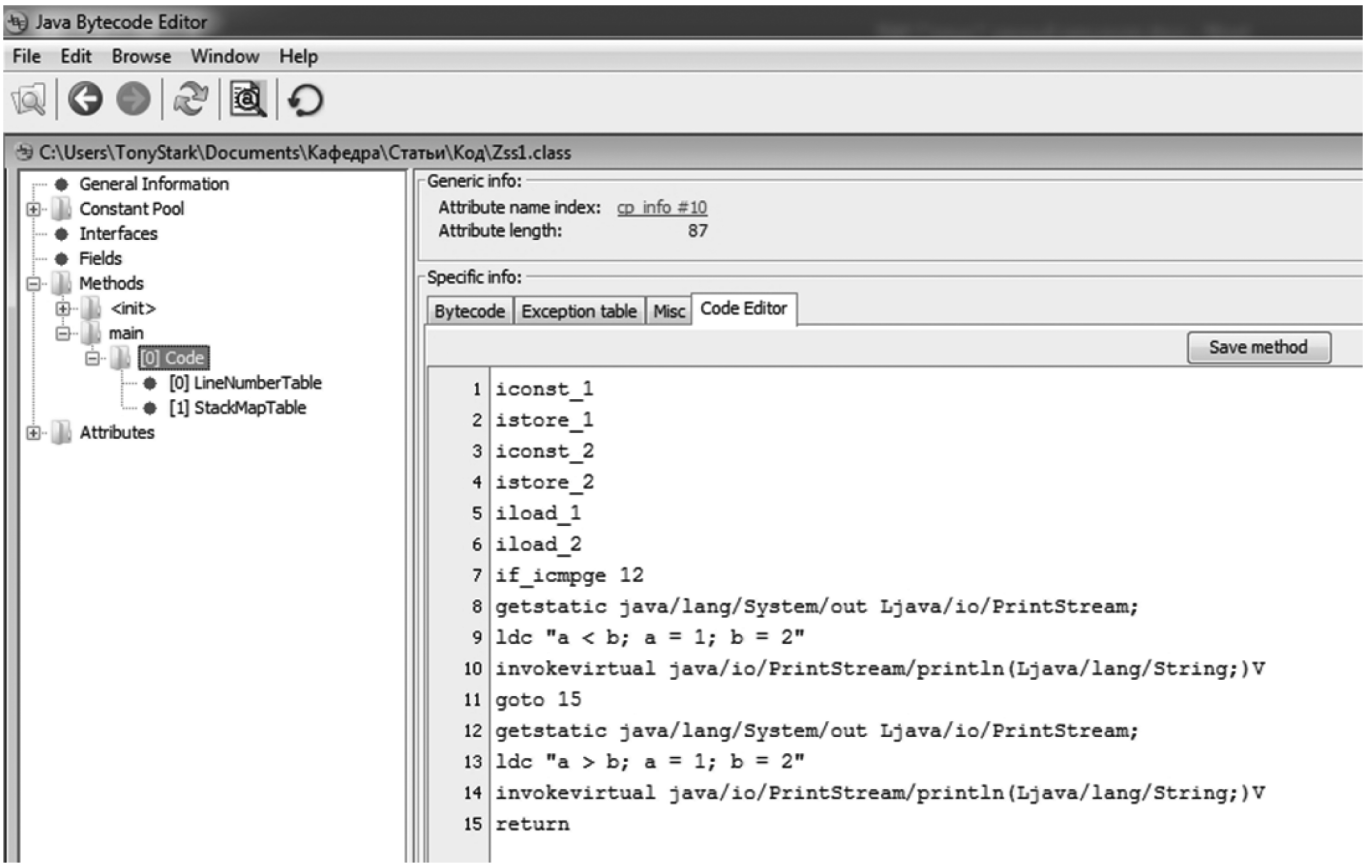


Рис. 6. Демонстрация байт-кода скомпилированного class-файла в редакторе байт-коде

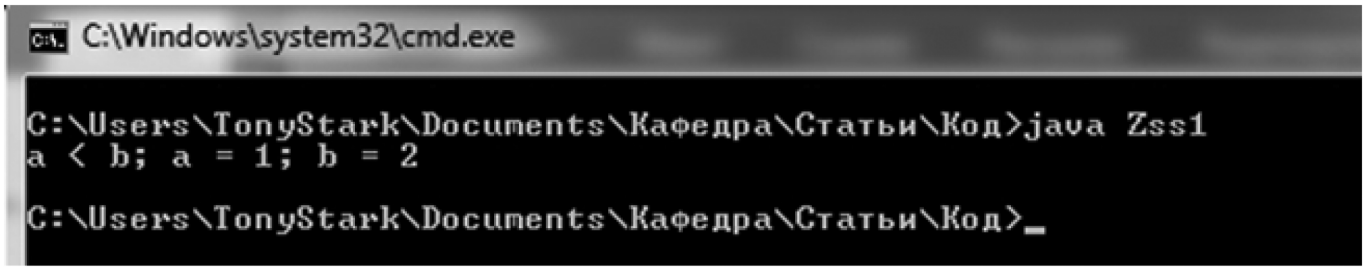


Рис. 7. Результат исполнения class-файла.

Листинг 2. Исходный код простейшей программы с ветвлением

```
public class Zss1 {
 public static void main(String[] args) {
 int a = 1;
 int b = 2;
 if (a < b) {
 System.out.println("a < b; a = 1; b = 2");
 } else {
 System.out.println("a > b; a = 1; b = 2");
 }
 }
}
```

На рисунке 5 изображена командная строка с результатами компиляции данного кода и вывод его байт-кода, а на рисунке 6 продемонстрировано, что в ПО ByteCode Editor байт-код данного class-файла выглядит точно также.

Как продемонстрировано на рисунках 5-6 байт-код скомпилированного class-файла не отличается вне зависимости от ПО с помощью которого осуществляется просмотр. Рисунок 7 демонстрирует результат исполнения class-файла.

На рисунке 8 продемонстрирован объем занимаемый class-файлом на жестком диске равный 512 байт.

Теперь произведем эквивалентную замену инструкции из определенного ранее набора опкодов. Для упрощения эксперимента, ветви блока условного перехода меняться не будут. Соответственно, после изменения

бай-кода программа будет выводить строку, содержащуюся в блоке else.

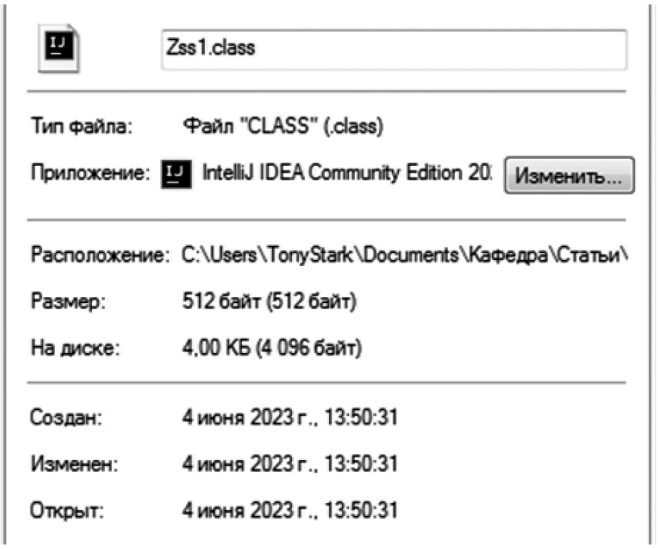


Рис. 8. Занимаемый class-файлом объем

Как продемонстрировано на рисунках 5–6 оператор условного перехода в байт-коде заменяется инструкцией if_icmpge = 162 (0xa2), следовательно, для эквивалентной замены необходимо воспользоваться инструкцией if_icmplt = 161 (0xa1). Создадим каталог «edit_class_file» и скопируем туда скомпилированный class-файл Zss1.class, после чего произведем редактирование с помощью ПО ByteCode Editor. Рисунок 9 демонстрирует результат редактирования class-файла — байт-код изменен.

На рисунке 10 продемонстрирован результат исполнения class-файла. Как было описано ранее, в силу того, что не была произведена замена веток условия местами, теперь из-за измененного (зеркального) условия в блоке if() программа выдает неверный результат, а именно то, что «a > b».

Рисунок 11 демонстрирует, что после редактирования инструкции байт-кода на эквивалентную, размер class-файла изменился и стал равным 480 байт, что на 6,25 % меньше объема исходного class-файла [12,

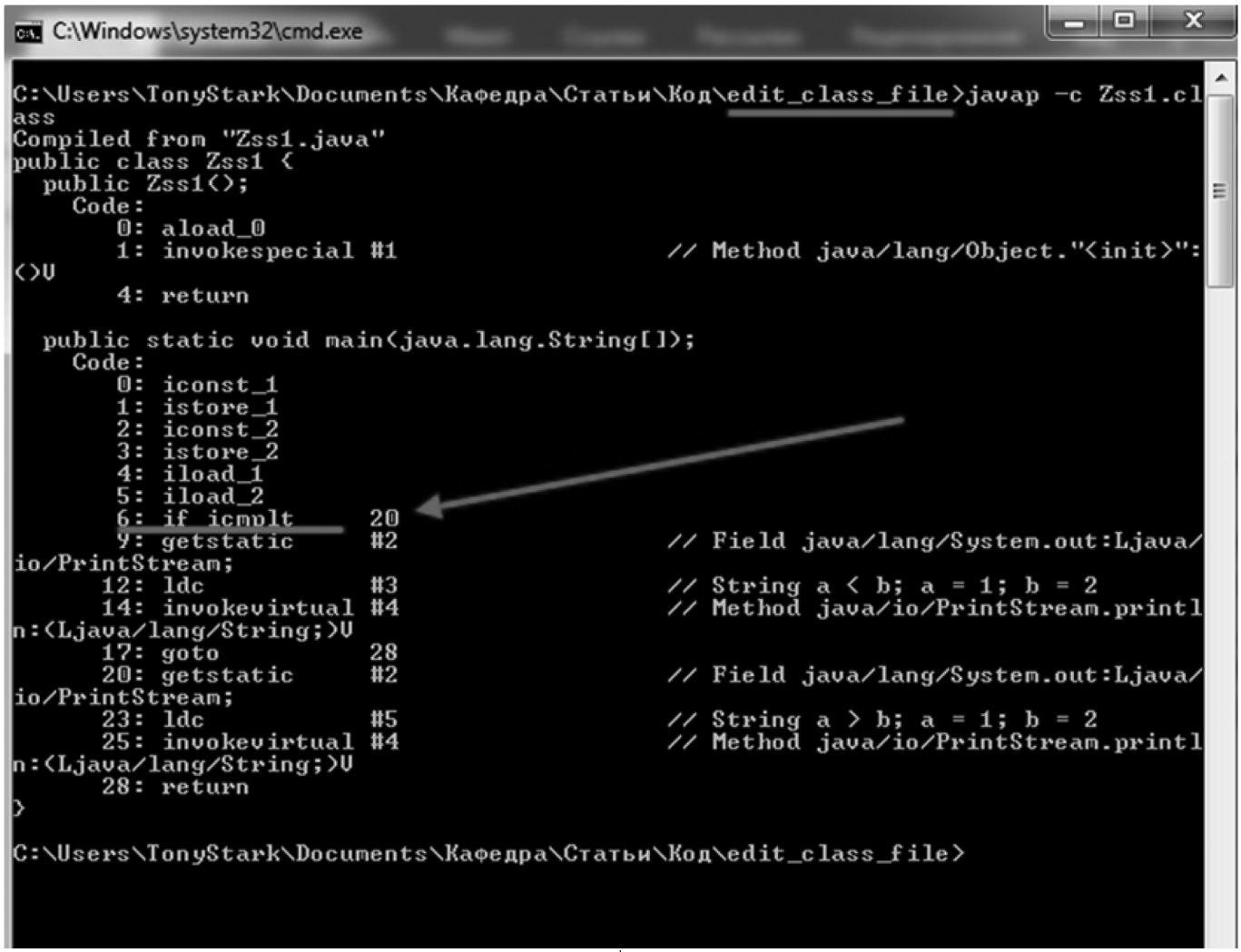


Рис. 9. Демонстрация успешного редактирования байт-кода class-файла без перекомпиляции



Рис. 10. Результат исполнения class-файла с отредактированным байт-кодом

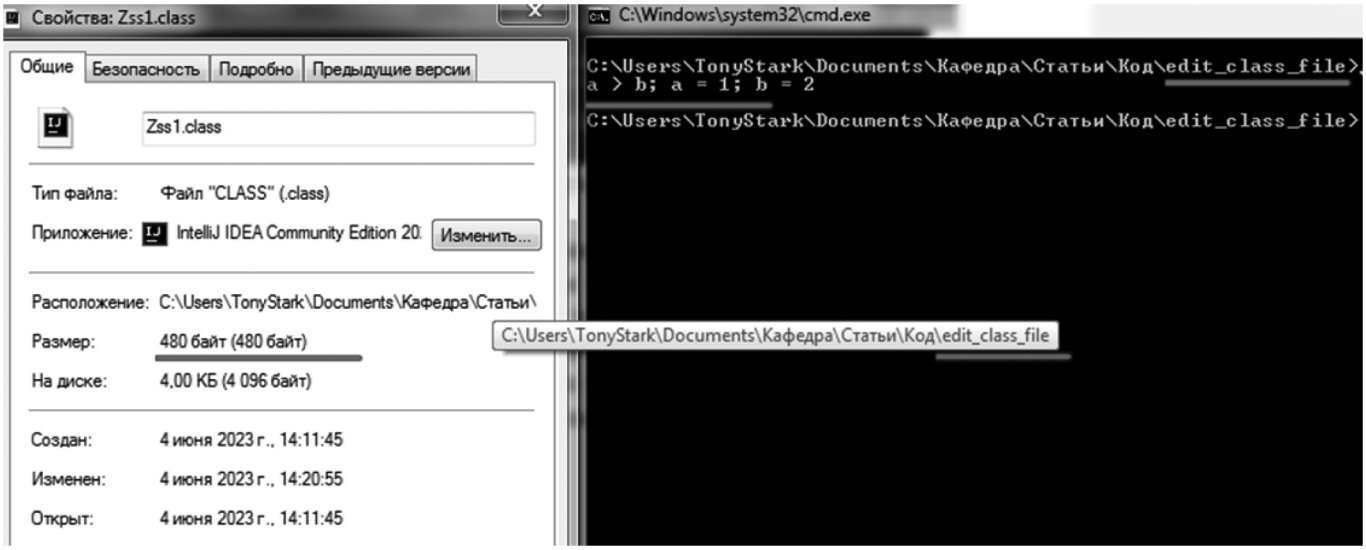


Рис. 11. Размер class-файла с редактированным байт-кодом

с. 1035]. Данный эффект оптимизации связан с тем, что замена инструкции байт-кода была произведена с нарушениями. Как было описано ранее, для того чтобы размер class-файла остался не именным необходимо также произвести зеркальную замену блоков условия. Блок if(), исполняемый при верности условия поместить в блок else() и наоборот.

Математическая модель разработанной методики

Исходя из результатов проведенного эксперимента можно сделать вывод о том, что размер возможного вложения зависит от объема class-файла и содержащихся в нем инструкций байт-кода, которые пригодны для эквивалентных замен. Таким образом, количество возможных к эквивалентным заменам опкодов для java-приложения будет высчитываться по формуле:

$$\sum_{i=1}^{n} C_i,$$

где C_i — это количество пригодных к эквивалентным заменам опкодов в class-файле, а n — количество class-файлов в java-приложении.

Таким образом, необходимо осуществлять анализ java-приложения на составляющие части и работу с каждым отдельным class-файлом, как с самостоятельной частью. Тогда число возможных замен инструкций байт-кода в class-файле будет равно $N!$, где N — число операционных кодов JVM пригодных для эквивалентных замен, присутствующих в байт-коде данного class-файла. Следовательно, количество информации доступной к вложению для одного class-файла в байтах (1 байт-код = 1 байт) будет вычисляться по формуле:

$$\log_2(N!) = N\log_2 N.$$

Алгоритмическая модель разработанной методики

Таким образом алгоритмическая модель разработанной методики будет представлять собой анализ всего java-приложения, которая продемонстрирована на рисунке 12.

Выводы

Разработанная методика позволяет создавать и производить вложение цифрового водяного знака в байт-код class-файлов java-приложений. С помощью данной методики производится создание и вложение цифрового водяного знака, который является частью class-файла, его удаление повлечет нарушение работы class-файла или всего java-приложения. Было доказано, что с помощью редактирования эквивалентных по логике работы инструкций байт-кода в скомпилированном class-файле без перекомпиляции не приводит к ошибкам исполнения class-файла. Следовательно, разработанная методи-

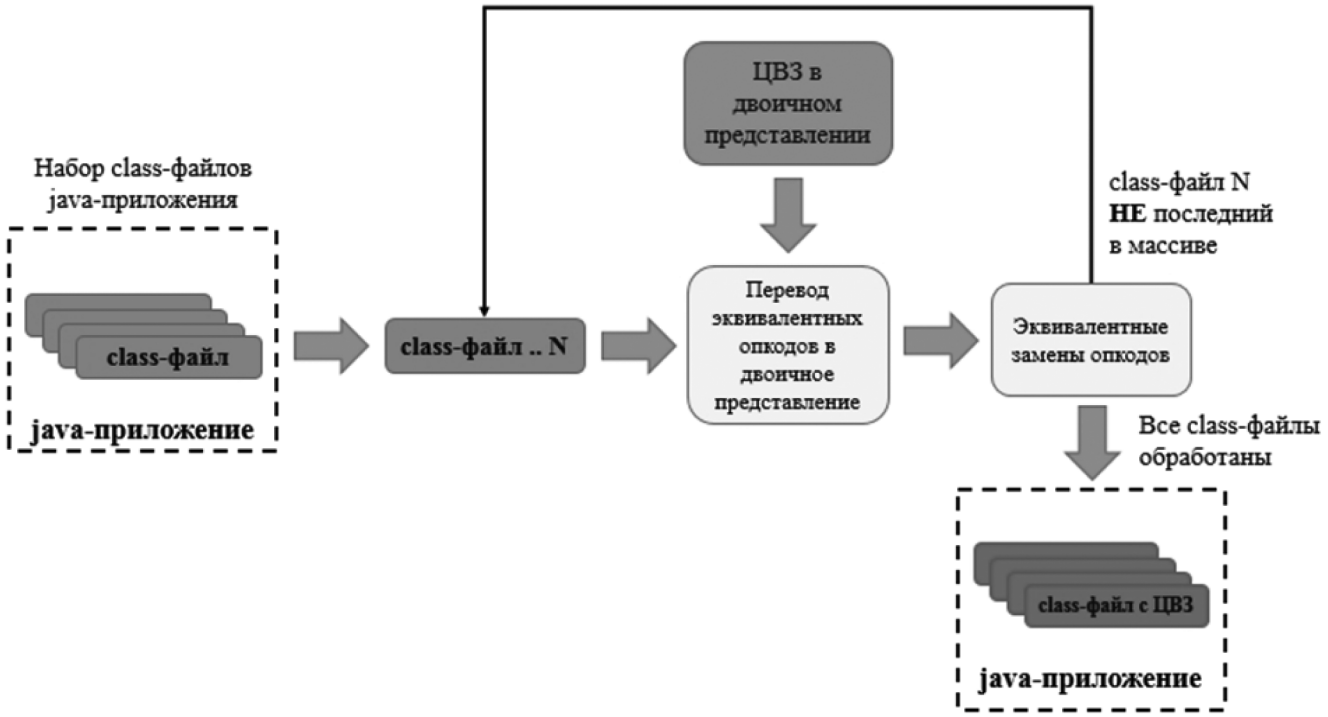


Рис. 12. Алгоритмическая модель разработанной методики

ка подходит для реализации вложения цифрового водяного знака.

Таким образом, данная методика позволяет создать и осуществить скрытое вложение цифрового водяного знака. Цифровой водяной знак, который является частью исполняемого файла может применяться в рамках юридического подтверждения прав собственности результат интеллектуальной деятельности — исходный код. Также, с помощью цифрового водяного знака вложенного в class-файлы java-приложения возможно отслеживать контроль целостности приложения.

Продолжением исследований данной работы могут быть такие шаги, как:

— Исследование возможности использования расширенного набора инструкций байт-кода для произведения вложения цифрового водяного знака
— Исследование устойчивости цифрового водяного знака вложенного разработанной методикой к различного рода атакам
— Исследование эффективной проверки наличия цифрового водяного знака в байт-коде
— Исследование возможности алгоритмизации и доведения до реализации программы на ЭВМ разработанной методики
— Расчет усредненных показателей методики в сравнении с другими на выборке class-файлов большого объема
— Исследование возможности вложения дробной части единого цифрового водяного знака в байт-код различных class-файлов информационной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. TIOBE. URL: https://tiobe.com/tiobe-index/java/ (дата обращения: 03.06.2023)
2. Шариков П.И., Красов А.В., Штеренберг С.И. Методика создания и вложения цифрового водяного знака в исполняемые java файлы на основе замен опкодов // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Т. 11. №3. С. 66–70.
3. Sharikov P.I., Krasov A.V., Volkogonov V.N. A study of the correctness of the execution of a class file with an embedded digital watermark in different environments // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. С. 52052–52052.
4. Хомяков И.Н., Красов А.В. Анализ возможностей скрытого вложения информации в структуру байт-кода java //Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. 2013. С. 859–861.
5. Hamilton J., Danicic S. An evaluation of static java bytecode watermarking //Proceedings of the International Conference on Computer Science and Applications (ICCSA'10), The World Congress on Engineering and Computer Science (WCECS'10), San Francisco. 2010.
6. Shi J. C. C. W. Q., Lv G. Implementation of bytecode-based software watermarking for java programs.
7. DOCS.ORACLE. URL: https://docs.oracle.com/javase/specs/jvms/se11/html/jvms-4.html (дата обращения: 03.06.2023)

8. DOCS.ORACLE. URL: https://docs.oracle.com/javase/specs/jvms/se20/html/index.html (дата обращения: 04.06.2023)
9. Calvagna A., Tramontana E. Automated conformance testing of Java virtual machines // 2013 Seventh International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems. IEEE, 2013. С. 547–552.
10. Java ByteCode Editor. URL: https://set.ee/jbe/ (дата обращения: 04.06.2023)
11. Andrey K., Pavel S. A Technique for Analyzing Bytecode in a Java Project for the Purpose of an Automated Assessment of the Possibility and Effectiveness of the Hidden Investment of Information and its Volumes in a Java Project // 2020 12th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). IEEE, 2020. С. 258–263.
12. Clausen L.R. A Java bytecode optimizer using side-effect analysis // Concurrency: Practice and Experience. 1997. Т. 9. №. 11. С. 1031–1045.

© Шариков Павел Иванович (sharikov.pavel@ro.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.38

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ИНВЕСТИРОВАНИЯ

SOLVING THE PROBLEM OF CHOOSING THE OPTIMAL OPTION INVESTING

H. Shungarov
R. Botashev

Summary: In this paper, an algorithm is given for solving the problem of choosing the optimal investment option, which reduces to the problem of linear integer Boolean programming. The algorithm allows you to get the maximum possible profit. The article also examines the effectiveness of the developed algorithm on a specific example.

Keywords: investment, probability, integer programming, Boolean variable, average payout, total variance, optimal variant, linear form, profit maximization, pseudopolynomial algorithm.

Шунгаров Хамид Джашауевич
к.ф.-м.н., доц., Карачаево-Черкессий государственный университет имени У.Д. Алиева, г. Карачаевск, Россия
hamidsh@rambler.ru
Боташев Руслан Азаматович
доц., Карачаево-Черкессий государственный университет имени У.Д. Алиева, г. Карачаевск, Россия
botashevruslan@mail.ru

Аннотация. В настоящей работе дается алгоритм решения задачи выбора оптимального варианта внесения инвестиции, которая сводится к задаче линейного целочисленного булева программирования. Алгоритм позволяет получать максимально возможную прибыль. В статье также проводится исследование эффективности действия разработанного алгоритма на конкретном примере.

Ключевые слова: инвестиции, вероятность, целоцисленное программирование, булева переменная, средняя выплата, суммарная дисперсия, оптимальный вариант, линейная форма, максимизация прибыли, псевдополиномиальный алгоритм.

Ранее в работах [1, 2] исследовалась модель задачи выбора оптимального проекта инвестиций. В настоящей работе предлагается «жадный» алгоритм α решения одной задачи выбора оптимального варианта инвестирования.

Рассмотрим следующую задачу: требуется некоторую сумму денег (*C*) так распределить между n вариантами инвестиций в каждом из *m* периодов времени, чтобы сумма получаемых выплат от всех инвестиций по всем периодам была максимальной. С математической точки зрения эта задача является сложной комбинаторной. Известно, что задача инвестиций в общей постановке является нелинейной, однако при некоторых условиях она сводится к задаче линейного булева программирования. Введем обозначения: p_j — средняя выплата, получаемая в период *j*, от инвестиций *i*, q_j — размер инвестиций *i*, которая осуществлена в период времени *j*, размером инвестиции в каждом периоде времени $\gamma_{ij} = p_j - q_j$, дисперсия этой величины σ_{ij}^2, предполагается известной. А также особенностью данной дискретной модели является то, что для формулировки задачи в рассмотрение вводится булева переменная, т.е.

$$x_i = \begin{cases} 1 - \text{если инвестиция } i \text{ выбрана} \\ 0 - \text{если инвестиция } i \text{ не выбрана} \end{cases}, i = 1,2,\ldots,n \text{ [4].}$$

В общем случае необходимо максимизировать сумму получаемых выплат от всех инвестиций по всем периодам, т.е. максимизировать следующую линейную форму

$$f_0(x) = \sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{j=1}^{m} \left(p_{ij} - q_{ij}\right) \to \max \qquad (1)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \left(p_{ij} - q_{ij}\right) - \Psi(\alpha)\left(1 / \sqrt{n}\right)\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 \xi_{ij}} + C_j > 0. \qquad (2)$$

$$x_i = 0 \vee 1,\ j = 1,\ldots,m$$

Обозначив через C_j сумму, имеющуюся в период *j*. Из системы неравенств (2) нетрудно получить систему:

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \left(p_{ij} - q_{ij}\right) + C_j > \Psi(\alpha)\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 \sigma_{ij}}. \qquad (3)$$

Целевая функция (1) и условия (2) (задача (1)–(2)) образуют математическую модель рассматриваемой задачи. Задача (1), (3) является задачей нелинейного целочисленного программирования. Она превращается в линейную, если вместо дисперсии в (3) рассматривать среднеквадратичное отклонение. [10, с.4].

Введем следующие обозначения:

$$\beta_i = \sum_{j=1}^{m} \left(p_{ij} - q_{ij}\right), i = 1,\ldots,n, \qquad (4)$$

Тогда получим рассматриваемую задачу инвестиций:

максимизировать: $$f_0(x) = \sum_{j=1}^{m} x_i \sum_{i=1}^{n} \beta_{ij} \to \max, \qquad (5)$$

при условиях:

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \gamma_{ij} \le c_j,\ j = 1,2,\ldots,m, \quad (6)$$

$$x_i \{0,1\},\ x = (x_1, x_2, \ldots, x_n). \quad (7)$$

Задача (5)–(7) является задачей линейного булева программирования, для решения которой можно использовать псевдополиномиальный алгоритм метода построения последовательности планов [5].

Пример выбора оптимального варианта внесения инвестиций

Допустим, что на предприятии «ФОТОН» имеется свободные деньги в сумме 16500 тыс. руб., которые можно вложить в альтернативные проекты: №1 — депозиты в Россельхозбанке; №2 — акции фирмы «Камос»; №3 — реконструкция своего производства в течение пяти лет с 2023 по 2027 гг. При этом, ставка процента ежегодно меняется: в № 1 — от 16 до 20 %; в № 2 — от 21 до 25 %; в № 3 — от 26 до 30 %. Вероятность инвестирования также меняется: в № 1— от 0,60 до 0,40 %; в № 2— от 0,70 до 0, 50 %; в № 3— от 75 до 95 %.

Необходимо выбрать инвестиционный проект, который принесёт максимум дохода.

Данные и результаты вычислений занесём в таблицу 1.

Из таблицы 1 и из условий (4) находим коэффициенты целевой функции: $\beta_1 = 1320$; $\beta_2 = 3226$; $\beta_3 = 1225$. Тогда целевая функция примет вид:

$$f_0(x) = 1320x_1 + 3226x_2 + 1225x_3.$$

Сначала сформулируем общий вид системы ограничений:

$$\begin{cases} x_1\gamma_{11} + x_2\gamma_{21} + x_3\gamma_{31} - c_1 > (\xi_{11} + \xi_{21} + \xi_{31}) \\ x_1\gamma_{12} + x_2\gamma_{22} + x_3\gamma_{32} - c_2 > (\xi_{12} + \xi_{22} + \xi_{32}) \\ x_1\gamma_{13} + x_2\gamma_{21} + x_3\gamma_{31} - c_3 > (\xi_{13} + \xi_{23} + \xi_{33}) \\ x_1\gamma_{14} + x_2\gamma_{24} + x_3\gamma_{34} - c_4 > (\xi_{14} + \xi_{24} + \xi_{34}) \\ x_1\gamma_{15} + x_2\gamma_{25} + x_3\gamma_{35} - c_5 > (\xi_{15} + \xi_{25} + \xi_{35}) \end{cases}$$

Затем вычислим коэффициенты системы ограничений:

$\gamma_{11} = 148$; $\gamma_{12} = 200$; $\gamma_{13} = 258$; $\gamma_{14} = 322$; $\gamma_{15} = 392$;

$\gamma_{21} = 490$; $\gamma_{22} = 555$; $\gamma_{23} = 640$; $\gamma_{24} = 731$; $\gamma_{25} = 810$;

$\gamma_{31} = 179$; $\gamma_{32} = 270$; $\gamma_{33} = 253$; $\gamma_{34} = 228$; $\gamma_{35} = 195$.

Таблица 1.

i (инв.)	j (год)	Инвест (q_{ij})	Ставка (k)	Вер–ть (p)	Средн. выпл. ($p_{ij} = p^* q_{ij}$)	Разница ($p_{ij} - q_{ij}$)	ξ_{ij}
Депозиты в банке	2023	400	16	0,63	252	–148	223
	2024	500	17	0,60	300	–200	256
	2025	600	18	0,57	342	–258	281
	2026	700	19	0,54	378	–322	295
	2027	800	20	0,51	408	–392	296
Итого		3000			1680	–1320	
Акции	2023	1400	21	0,65	910	–490	820
	2024	1500	22	0,63	945	–555	836
	2025	1600	23	0,60	960	–640	822
	2026	1700	24	0,57	969	–731	795
	2027	1800	25	0,55	990	–810	786
Итого		8000			4774	–3226	
Производство	2023	900	26	0,69	621	–279	576
	2024	1000	27	0,73	730	–270	693
	2025	1100	28	0,77	847	–253	817
	2026	1200	29	0,81	972	–228	950
	2027	1300	30	0,85	1105	–195	1090
Итого		5500			4275	–1225	
Всего		16500			10729	–5771	

Тогда после подстановок получим систему ограничений:

$$\begin{cases} 148x_1 + 490x_2 + 279x_3 > 432 - 2700 \\ 200x_1 + 555x_2 + 270x_3 > 662 - 3000 \\ 258x_1 + 640x_2 + 253x_3 > 662 - 3300. \\ 322x_1 + 731x_2 + 228x_3 > 510 - 3600 \\ 392x_1 + 810x_2 + 195x_3 > 666 - 3900 \end{cases}$$

Получим следующую задачу:

Требуется найти максимальное значение целевой функции $f_0(x) = 1320x_1 + 3226x_2 + 1225x_3$ при условиях:

$$\begin{cases} 148x_1 + 490x_2 + 279x_3 \le 1081 \\ 200x_1 + 555x_2 + 870x_3 \le 1215 \\ 258x_1 + 640x_2 + 253x_3 \le 1380, \\ 322x_1 + 731x_2 + 228x_3 \le 1560 \\ 485x_1 + 392x_2 + 810x_3 \le 1728 \end{cases}$$

$$x_i = 1 \vee 0, i = 1,2,3.$$

Полученную задачу можно решить посредством алгоритма метода построения последовательности планов [5]. В данной работе решение сформулированной задачи выбора оптимального варианта инвестирования производится по выше приведенному алгоритму α, используя данные таблицы 2 , в два этапа: α_1и α_2.

На этапе α_1 алгоритм α выбирает лучший инвестиционный проект по годам. На этапе α_2 алгоритм α из оставшихся двух проектов № 1 и № 3 алгоритм выбирает наиболее выгодный. В результате работы этапа α_1наилучшим на 2023 год им оказался проект № 2 (акции), в который вложено 1400 тыс. руб. На 2024 год алгоритм выбирает более выгодный проект № 2, в который вложено 1500 тыс. руб. На 2025 год алгоритм также выбирает проект № 2 —1400 тыс. руб., на 2026 год также выбирается проект № 2 —1700 тыс. руб., на 2027 год — проект № 2 —1800 тыс. руб. Если в течение 5 лет в проект № 2 будет вложено 8000 тыс. руб., то можно ожидать получение прибыли в сумме 3226 тыс. руб.

На этапе α_2 из оставшихся двух проектов №1 и №3 алгоритм α выбирает наиболее выгодный проект. В результате работы этапа α_2 следует, что если в проект №1 (депозиты) в течение 5 лет будет вложено 3000 тыс. ру-

Таблица 2.

Инвест проект (i)	Год (j)	Инвестиции (q_{ij})	Ставка (K)	Вер-ть (P)	Сред. выплат $M(X) = p_{ij} = K^* p^* q_{ij}$	Разница $\Delta_{ij} = \lvert p_{ij} - q_{ij} \rvert$	X_{ij}
№1 (депозиты)	2023	400	16 %	0,63	252	148	0
№2 (акции)	2023	1400	21 %	0,65	910	490	1
№3 (производ)	2023	900	26 %	0,69	621	279	0
Итого C_1		**2700**			**1783**	**917**	
№1 (депозиты)	2024	500	17 %	0,60	300	200	0
№2 (акции)	2024	1500	22 %	0,63	945	555	1
№3 (производ)	2024	1000	27 %	0,73	730	270	0
Итого C_2		**3000**			**1975**	**1025**	
№1 (депозиты)	2025	600	18 %	0,57	342	258	0
№2 (акции)	2025	1600	23 %	0,60	960	640	1
№3 (производ)	2025	1100	28 %	0,77	847	253	0
Итого C_3		**3300**			**2149**	**1151**	
№1 (депозиты)	2026	700	19 %	0,54	378	322	0
№2 (акции)	2026	1700	24 %	0,57	960	731	1
№3 (производ)	2026	1200	29 %	0,81	972	228	0
Итого C_4		**3600**			**2310**	**1281**	
№1 (депозиты)	2027	800	20 %	0,51	408	392	0
№2 (акции)	2027	1800	25 %	0,51	990	810	1
№3 (производ)	2027	1300	30 %	0,85	1105	195	0
Итого C_5		**3900**			**2503**	**1397**	
Всего С		**16500**			**10729**	**5771**	

блей, то возможно получение прибыли 1320 тыс. руб. Кроме того, если в проект №3 (производство) будет вложено 5500 тыс. рублей, то может быть получена прибыль в сумме 1225 тыс. рублей. Соотношение прибыли к внесенным затратам 0,44 и 0,22 показывает, что наиболее предпочтительным для внесения инвестиций является проект № 1 (депозиты). Согласно условий данной задачи алгоритм α позволяет найти следующее решение: $x = (1,1,1)$.

Также следует заметить, что в результате работы алгоритм α, за весь период инвестирования производит сначала выбор максимального значения целевой функции Fmax для всех вариантов инвестирования. При этом сначала алгоритм α выбирает вариант № 2, прибыль от вложения которого максимально может составить F_{max} (y_2=8000)=3226 тыс. руб. Затем для оптимального распределения инвестиций по вариантам №1 и №3 алгоритм α производит выбор по двум критериям: по максимальному значению целевой функции F_{max} и по наибольшему значению вклада. Таким образом, алгоритм α выбирает вариант №1 по первому критерию, для которого F_{max} (y_1=3000)=1320 тыс. руб., и вариант №3 — по наибольшему значению вклада Z_{max} (y_3(5500)) = 1225 тыс. руб.

Остаточные денежные средства в сумме 5500 тыс. руб. рекомендуется направить на расширение производства и обновление устаревшего оборудования предприятия. Таким образом, максимальная прибыль за весь период инвестирования может составить Z_{max} (16500 тыс.) = 5771 тыс. руб.

В заключение отметим, что расчет уровня экономической эффективности подтверждает, что предложенный алгоритм выбора варианта инвестирования является достаточно эффективным, поскольку уровень рентабельности проекта составляет 35 % (5771: 16500x100) при действующей норме 20 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боташев Р.А., Шунгаров Х.Д. Проблема выбора оптимального инвестиционного проекта. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: естественные и технические науки. Москва, изд-во «Научные технологии», № 2-2, 2023 г. с. 67–73.
2. Шунгаров Х.Д., Боташев Р.А. Модель выбора оптимального варианта внесений инвестиций. — В сб. Регион. конф. Актуальные проблемы физики и астронмии. Карачаевск. с.72–77.
3. Грузинов В.П. Экономика предприятия. Юнити. Москва, 2002 г.
4. Крейкина М.Н. Финансовый менеджмент «Дело и Сервис», Москва, 2001 г.
5. Гольштейн Е.Г. Юдин Д.Ю. Новые направления в линейном программировании. Москва, изд-во «Советское радио», 1966 г.
6. Хедли Дж. Линейная алгебра (для экономистов). М, изд-во «Высшая школа», 1966 г.
7. Емеличев В.А., Комлик В.И. Метод построения последовательности планов для решения задач дискретной оптимизации. — М.: Наука, 1981, 208 с.
8. Лихтенштейн В.Е. Модели дискретного программирования. М, изд-во «Наука», 1971 г.
9. Бирман И. Оптимальное программирование. Москва, изд-во «Экономика», 1968 г.
10. Демидович Б.П. и Марон И.А. Основы вычислительной математики. Москва, изд-во ФМЛ, 1963 г.
11. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. Москва, изд-во «Наука», 1968 г.

© Шунгаров Хамид Джашауевич (hamidsh@rambler.ru); Боташев Руслан Азаматович (botashevruslan@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.39

НЕЧЕТКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ (ВУЗА)

FUZZY MODELING IN THE TASKS OF EVALUATING THE ACTIVITIES OF AN ORGANIZATION (UNIVERSITY)

E. Edgulova
T. Khashirova
A. Bozieva
R. Gurfova

Summary: A method of qualimetric assessment of the main criteria based on the GOST R ISO 9004-2019 standard and the university self-examination procedure is proposed. The assessment is made on a point scale, and the result is expressed by a variable from 26 to 130 points, which determines the level of maturity of the organization.

A model of the subject area in the form of a system of production rules has been developed, taking into account the weight of input features. The knowledge base contains production rules that allow you to assess the level of the university on the basis of fuzzy logical inference. The implementation is implemented in Python using Pandas, NumPy, MatPlotLib libraries. Pandas (DataFrame) is used to process the input file (training sample). The developed intelligent system provides for a procedure for acquiring knowledge, which leads to the expansion of its capabilities and the addition of new criteria to it, and this, in turn, will allow for the assessment and consideration of the requirements of stakeholders.

Keywords: fuzzy modeling, linguistic variable, fuzzy variable, membership function, fuzzy sets, evaluation of university activities.

Эдгулова Елизавета Каральбиевна
кандидат физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» г. Нальчик, ermolaeva-07@yandex.ru
Хаширова Татьяна Юрьевна
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» г. Нальчик khashirova@mail.ru
Бозиева Асият Мухтаровна
старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» г. Нальчик, bozieva_asya@mail.ru
Гурфова Рита Ваноевна
кандидат экономических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» г. Нальчик, guruinform1961@yandex.ru

Аннотация. Предложен способ квалиметрической оценки основных критериев, основанный на стандарте ГОСТ Р ИСО 9004-2019 и процедуре самообследования вуза. Оценка производится по бальной шкале, и результат выражается переменной от 26 до 130 баллов, которая определяет уровень зрелости организации.

Разработана модель предметной области в виде системы продукционных правил с учетом весомости входных признаков. База знаний содержит продукционные правила, позволяющие оценить уровень вуза на основе нечеткого логического вывода. Реализация выполнена в среде Python с использованием библиотек Pandas, NumPy, MatPlotLib. С помощью Pandas (DataFrame) выполняется обработка входного файла (обучающая выборка). Разработанная интеллектуальная система предусматривает процедуру приобретения знаний, что ведет к расширению ее возможностей и добавлению в нее новых критериев, а это, в свою очередь, позволит проводить оценку и учет требований заинтересованных сторон.

Ключевые слова: нечеткое моделирование, лингвистическая переменная, нечеткая переменная, функция принадлежности, нечеткие множества, оценка деятельности вуза.

Задача достижения успеха в сложных, постоянно меняющихся условиях особенно важна для функционирования всех организаций и отраслей. Эффективное решение этой проблемы предполагает обеспечение удовлетворенности всех заинтересованных сторон. В случае высшего учебного заведения это — абитуриенты, окружение абитуриентов, средние общеобразовательные учреждения, студенты, выпускники, работодатели, рекрутинговые агентства, руководство вузов, преподаватели, министерства и ведомства.

Анализ и оценка деятельности организаций в различных областях является актуальной задачей. В зависимости от специфики системы существует несколько способов решения этой проблемы. Это могут быть методы математической статистики, а также модели, основанные на алгоритмах поиска частичного соответствия показателей деятельности организации установленным стандартам; системы, основанные на экспертных знаниях; системы машинного обучения, требующие больших объемов данных.

В качестве методики оценки в статье исследуется процедура самооценки (самообследования) в интеграции со стандартом ГОСТ Р ИСО 9004-2019.

На рисунке 1 показано место процедуры самообследования в общей архитектуре деятельности вуза.

Предварительный процесс организации самооценки вуза включает несколько этапов, приведенных на рисунке 2.

Рассматриваемая задача относится к задачам принятия решений, общий вид которой представим в виде кортежа:

$$D = <F, A, P, G, R; T>, \quad (1)$$

где F — содержательная постановка задачи, цели, которые должны быть достигнуты, требования к виду окончательного результата; A — совокупность альтернатив (вариантов), из которых производится выбор (оценка, ранжирование):

$$A = \{a_i\}, i = \overline{1,n},$$

P — совокупность признаков (характеристик), описывающих варианты и их отличительные особенности:

$$\forall a_i : P = \{p_{ij}\}, j = \overline{1,m},$$

G — совокупность условий, ограничивающих область допустимых вариантов решения;

R — система предпочтений лица принимающего решение (ЛПР); Т — действие (действия), которое требуется выполнить над множеством альтернатив A: найти наиболее предпочтительную альтернативу, выделить множество недоминируемых альтернатив, линейно упорядочить множество допустимых альтернатив и т. п.

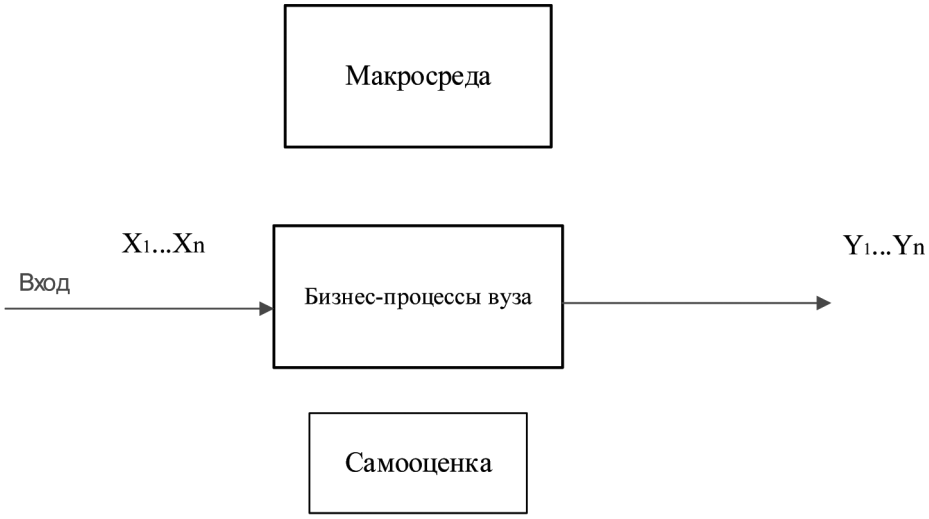


Рис. 1. Место оценки в архитектуре бизнес-процессов вуза



Рис. 2. Этапы организации самооценки

Решение (1) определим, как подмножество D множества альтернатив A, образованное на основе системы предпочтений ЛПР в соответствии с типом задачи:

$$D \subset 2^A \times K^A,$$

где 2^A обозначает множество всех подмножеств множества A; K^A — множество всех кортежей длиной от 2 до $|A|$.

Необходимость обоснования выбора присутствует во всех сферах человеческой деятельности. Анализ механизмов, процессов и правил выбора оптимальной альтернативы выполняется с учетом особенностей природы объектов и их существования в различных средах. Основная задача, поставленная авторами статьи — это исследование подходов проектирования интеллектуальной системы, в частности, разработка методов, помогающих одному или нескольким лицам осуществить обоснованный выбор наилучшего, в некотором смысле, варианта или нескольких предпочтительных вариантов, из имеющегося множества возможных альтернатив.

Таким образом, следует подчеркнуть, что интеллектуальная система, проектируемая для принятия решений по оценке ВУЗа, предполагает построение множества возможных вариантов решения обозначенной проблемы, сравнение их между собой, нахождение среди них наилучших или допустимых вариантов, которые удовлетворяют заданным ограничениям, и при необходимости, обоснование сделанного выбора.

Рассмотрим процедуру построения системы правил (базы знаний). В первую очередь, анализируем предметную область и разрабатываем даталогическую модель информационной базы, представляющую реляционную модель. Реляционная база данных будет представлена подмножеством декартового произведения:

$$R = P_1 \times P_2 \times \ldots \times P_i \times \ldots \times P_m \times E, \qquad (2)$$

где P_i, $i = 1, \ldots, m$ — i-ый домен, содержащий значения i-ой характеристики рассматриваемых объектов (ВУЗов); $E = \{e_1, e_2, \ldots, e_t\}$ — домен, содержащий итоговые экспертные оценки.

Следующим шагом является заполнение базы данных R^* обучающей выборкой, используемой для генерирования правил-эталонов. В процессе интеллектуального анализа обучающей выборки применяется процедура распараллеливания алгоритма обработки данных [5]. Рассмотрим алгоритм разработки правил-эталонов:

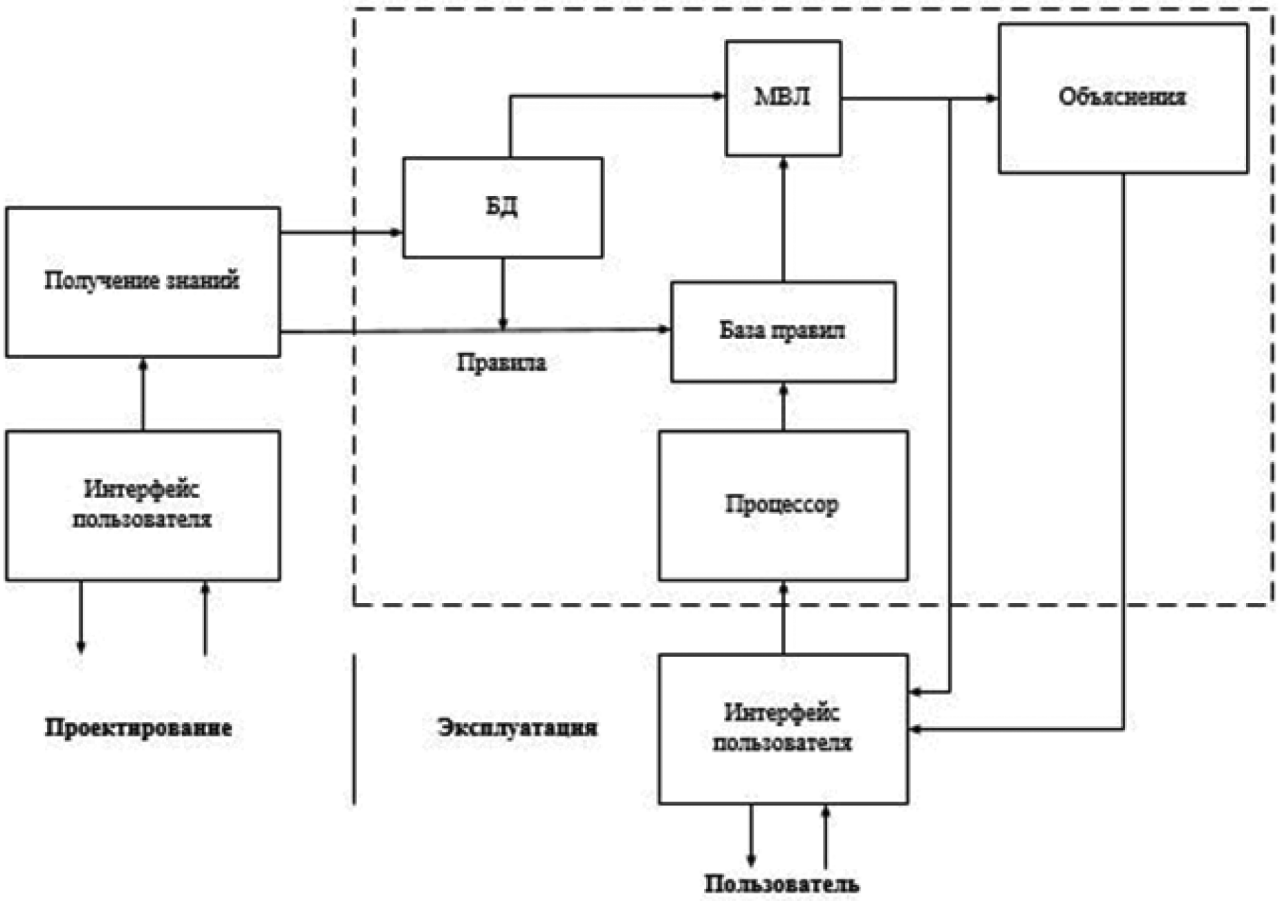


Рис. 3. Обобщенная схема интеллектуальной системы

Шаг 1. Выполнить сортировку базы данных R^* по полям $P_1, P_2, \ldots, P_m$.

Шаг 2. Разбить упорядоченный набор данных R^* на классы C_l ($l = 1, \ldots, K$, где K — количество классов)

$$C_i \cap C_j = \varnothing,\ i \neq j \quad (3)$$

Класс C_l содержит множество экземпляров записей базы данных R^* с одинаковыми значениями полей $P_1, P_2, \ldots, P_m$, т.е. можно утверждать, что l класс — это множество экземпляров записей базы данных R^* вида:

$$\left\{\left\langle P^*_{i_l 1}, P^*_{i_l 2}, P^*_{i_l 3}, \ldots, P^*_{i_l j}, \ldots, P^*_{i_l m}, \omega^*_j \right\rangle\right\}$$

где $i_l = \overline{1,n}$, n_l — количество записей, попавших в l класс.

Шаг 3. Построить и записать в базу знаний правило $\forall$ l-го класса C_l на основе анализа значений последнего столбца базы данных R^*:

$$L_l : \underset{j=1}{\overset{m}{\Lambda}}\left(P^*_{lj} \cdot \omega^*_j\right) \xrightarrow{\rho} e^*_f, e^*_f \in E, f \in \{1,2,\ldots,t\}, l \leq K \quad (4)$$

где ω_j^* — вес j-го показателя; ρ — вероятность получения оценки e_f^*, $\rho = k/n$, n — количество записей (строк) базы данных, попавших в l-ый класс, k — наибольшее количество повторений оценки e_f^* в рассматриваемом классе C_l.

В результате выполнения представленного выше алгоритма в базу знаний заносятся продукционные правила, построенные по формуле (4), при условии, что $\rho \geq 0{,}5$, по которым производится оценка исследуемого объекта Q_i согласно следующему правилу:

$$\left|\sum_{j=1}^{m}(P_{ij} \cdot \omega_j - P_{lj}{}^* \cdot \omega_j^*)\right| < \varepsilon \quad (5)$$

где P_{ij} — значение j-го показателя объекта Q_i; ω_j — вес j-го показателя объекта Q, $l \in [1,K]$, ε — заданная экспертом малая величина.

Тогда в качестве оценки объекта Q_i выбирается оценка e_f^* (оценка, приведенная в продукционном правиле L_l).

Исследуя проблему построения базы правил целесообразно рассмотреть вопросы, связанные с выбором системы шкалирования для оценки исходных характеристик. Вид модели (4) будет зависеть от типа информации, так если для всех исходных характеристик эксперты задают количественные оценки, то построенную модель можно отнести к логико-вероятностной модели с количественными оценками характеристик; если же хотя бы для одной характеристики экспертные оценки представлены вербальными категориями, то возможны два варианта [3] (рис. 4).

Первый вариант предполагает использование знаний профессионального эксперта по соотнесению каждой характеристике числового значения, что приведет к логико-вероятностной модели с количественными характеристиками. В этом случае необходимо использовать коэффициент доверия (вес) эксперта.

Второй вариант предполагает использование аппарата нечеткой математики.

Все элементы или хотя бы один элемент поставленной задачи (альтернативы, исходы и зависимости между ними, оценки вероятностей наступления исходов, критериальные оценки исходов, отношения предпочтения ЛПР, решающее правило) могут быть представлены в условиях неопределенности в виде нечетких понятий и отношений.

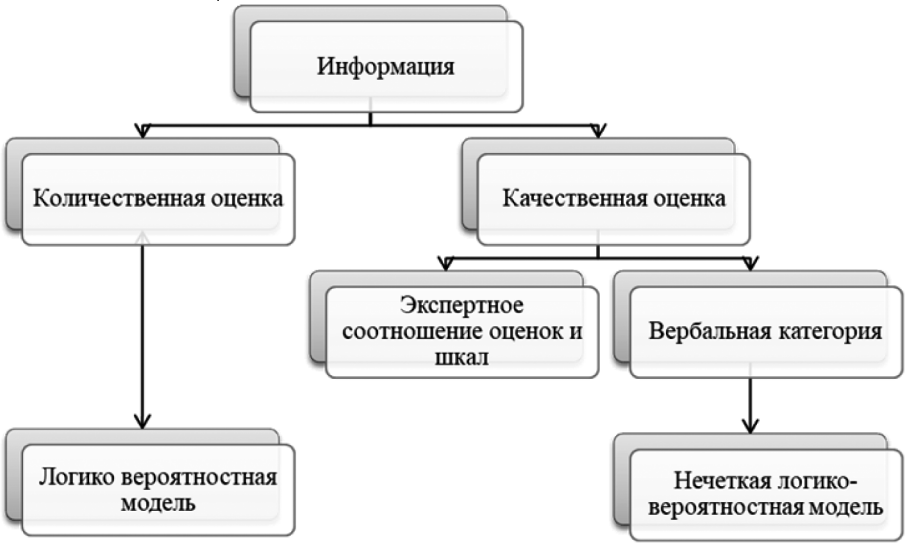


Рис. 4. Зависимость вида модели от типа информации

В связи с необходимостью обработки нечеткой информации в качестве математического аппарата для решения поставленной проблемы выбрана теория нечетких множеств. Обработка нечеткой информации в задачах принятия решения обеспечивается применением лингвистического подхода. Формализация нечетких понятий и отношений профессионального языка ЛПР обеспечивается введением понятий нечеткой и лингвистической переменных, нечеткого множества и отношения [1,3] (рис. 5).

Нечеткие системы и по сей день занимают прочное место среди информационных технологий, считающихся интеллектуальными. Предлагаемая нечеткая интеллектуальная система оценки ВУЗа предполагает, прежде всего, нечеткую продукционную систему, поскольку ядром нечеткой системы является база знаний нечетких продукционных правил при этом продукционная модель практически обеспечивает представление разнотипной информации.

Функция принадлежности, используемая при построении нечеткого множества, берется треугольной и определяется тройкой чисел (a, b, c), где $a - b = c - b$, а ее значение в точке x вычисляется следующим образом:

$$\mu_x = \begin{cases} 1 - \dfrac{b - x}{b - a}, a \le x \le b \\ 1 - \dfrac{x - b}{c - b}, b \le x \le c \\ 0, x \notin [a, c] \end{cases}$$

При построении функций принадлежности (ФП) должны выполняться специфические условия, приведенные в таблице 1 [2].

Следует отметить, что основой для проведения операций нечеткого логического вывода является база правил, содержащая нечеткие высказывания следующих пяти типов [2]:

1. Высказывания с лингвистическими переменными. В этом случае используется лингвистическая шкала для описания характеристик объекта или явления, например, «высокий», «средний», «низкий».

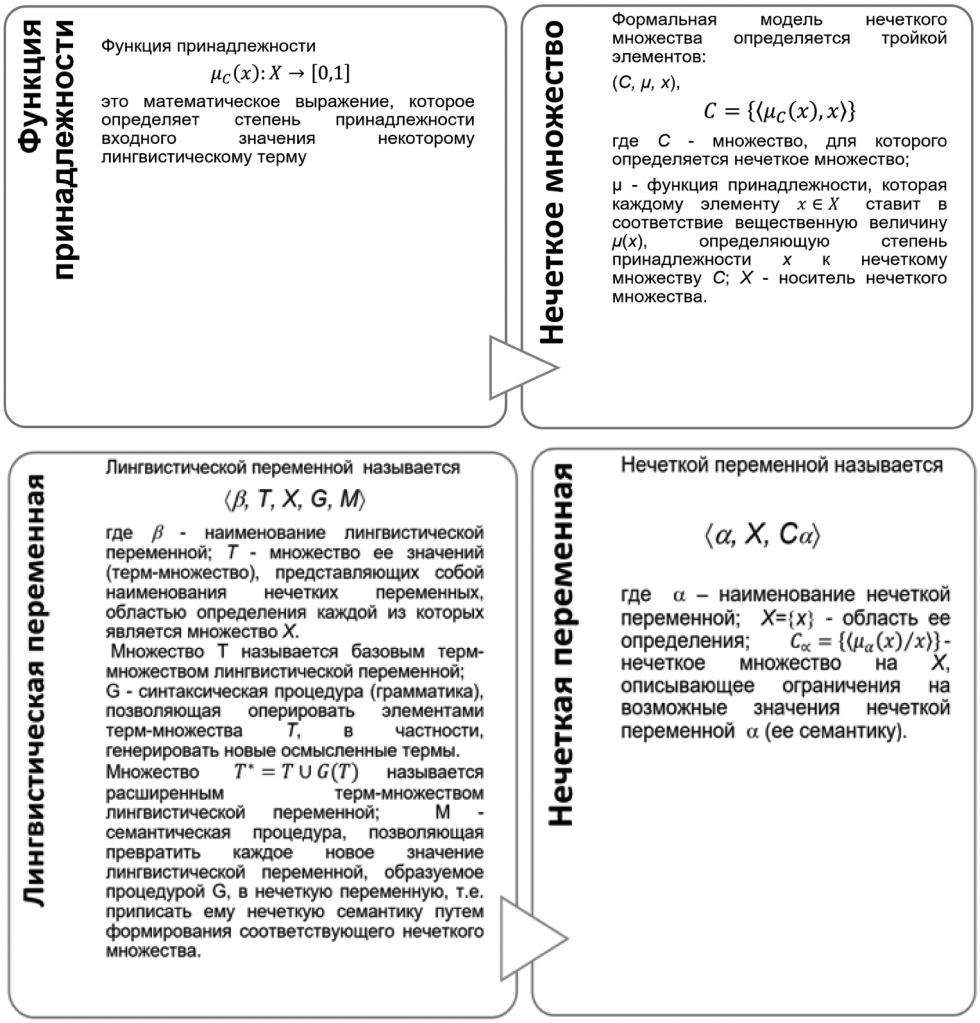


Рис. 5. Базовые понятия нечеткого моделирования

Таблица 1.

Условия построения функций принадлежности

Формальная модель	Содержательные аспекта
$(\forall\beta)\mu_{c1}(x') = 1$	Функции принадлежности крайнего левого и крайнего правого термов не имеют колоколообразную форму
$(\forall\beta)(\forall T_i \in T \setminus \{T_m\})$ $(0 < sup\mu_{c1\cap c_{i+1}}(x) < 1)$	Недопустимы участники области определения термов нечетких множеств, которым не соответствует какое-либо понятие
$(\forall\beta)(\forall T_i \in T)(\exists x \in X)(\mu_{c1}(E) = 1)$	Недопустимо совмещение на одном участке шкалы носителя функций принадлежности с различной высотой
$(\forall\beta)(\exists x' \in R_1)(\exists x'' \in R_1)$ $(\forall x \in X)(x' < x < x'')$	Область определения параметра ограничена конечным числом точек

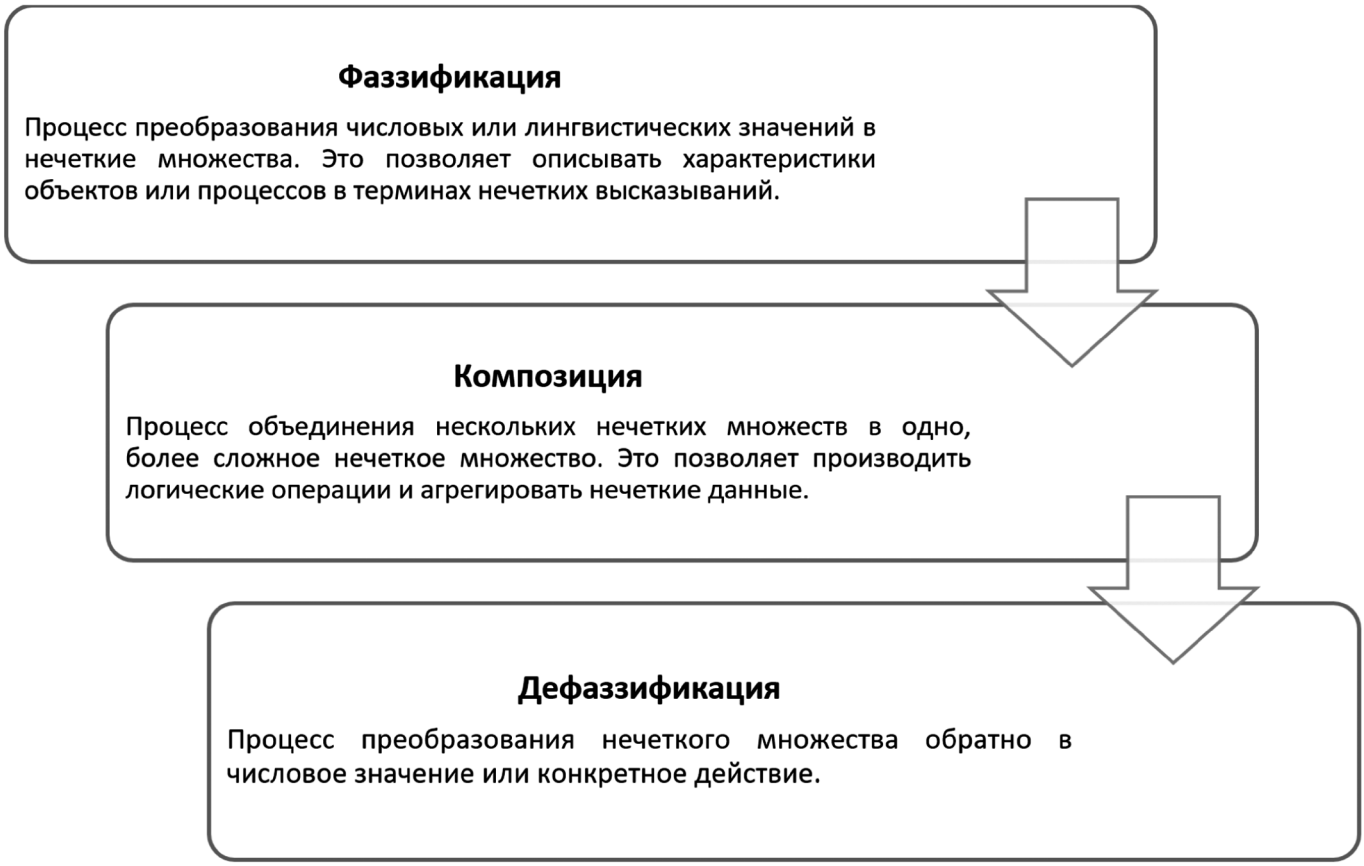


Рис. 6. Основные этапы реализации подхода на основе нечетких моделей

2. Высказывания с нечеткими кванторами. В этом случае кванторы, такие как «большинство», «некоторые», «многие», описывают группы объектов или явлений, нечетким образом.
3. Высказывания с модификаторами: очень, более или менее и т.д.
4. Высказывания с операциями нечеткой логики. Например, используются операции «ИЛИ» и «И», которые позволяют объединять нечеткие высказывания.
5. Высказывания с нечеткими условиями. В этом случае эмпирические данные или условия описываются с помощью нечетких высказываний.

Решение задачи на основе теории нечетких множеств предусматривает последовательную реализацию этапов фаззификации, композиции и дефаззификации (рис. 6).

При описании вуза были сделаны следующие предположения и допущения.

Максимально возможное количество баллов, набранных в результате самооценки, по 6 основным группам критериев — 130 баллов, минимальное — 26 баллов: 26–60 — первый уровень, 43–86 — второй уровень, 68–102 — третий уровень, 89–119 — четвертый уровень, 106–130 — пятый уровень.

Таблица 2.

Пределы квалиметрических шкал групп критериев

Укрупненный критерий оценки	Пункт критерия	Баллы [26–130]
1. Система управления университетом	1.1. Соответствие организации управления университетом уставным требованиям и менеджмент процессов. 1.2. Соответствие нормативной и организационно-распорядительной документации действующему законодательству и уставу. 1.3. Программы развития университета.	3–15
2. Образовательная деятельность	2.1. Содержание подготовки студентов. 2.2. Соответствие подготовки студентов образовательным стандартам. 2.3. Обеспеченность основной учебно-методической литературой. 2.4. Информационное обеспечение образовательного процесса. 2.5. Уровень требований при конкурсном отборе абитуриентов. 2.6. Внутренняя система оценки качества образования. 2.7. Качество кадрового обеспечения. Сведения о повышениях квалификации профессорско-преподавательского состава. 2.8. Востребованность выпускников и их профессиональное продвижение 2.9. Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья	9–45
3. Научно-исследовательская деятельность	3.1. Стратегические направления научных исследований: основные научные школы, планы развития основных направлений. 3.2. Объемы проведенных научных исследований. 3.3. Анализ публикационной деятельности. 3.4. Конференционная и патентно-лицензированная деятельность. 3.5. Использование результатов научных исследований в образовательной деятельности при подготовке кадров высшей квалификации	5–25
4. Международная деятельность	4.1. Экспорт образовательных услуг. 4.2. Академическая мобильность студентов и преподавателей. 4.3. Участие в международных проектах и программах, направленных на инновационное развитие вуза.	3–15
5. Внеучебная деятельность	5.1. Материально-техническое обеспечение воспитательной работы. 5.2. Работа общественных студенческих организаций 5.3. Кураторство. 5.4. Работа социально-психологической службы.	4–20
6. Материально-техническое обеспечение	6.1. Состояние и развитие материально-технической и учебно-лабораторной базы. 6.2. Социально-бытовые условия.	2–10

Согласно обобщенному алгоритму решения задачи, требуется сформулировать условие задачи в лингвистической форме. Преобразуем каждую группу критериев в форму лингвистической переменной. Были определены три терма лингвистической переменной: «низкий» (соответствующий 1 и 2 уровням), «средний» (соответствующий 3 уровню) и «высокий» (соответствующий 4 и 5 уровням). Пределы квалиметрических шкал групп критериев представлены в таблице 2.

Нечеткая оценка отражает не только «ценность» значения характеристики для объекта экспертизы, но и степень уверенности эксперта в данной оценке.

В интеллектуальной системе предусмотрены процедуры определения весового коэффициента эксперта как на основе тестирования, так и с учетом оценки проведенных им экспертиз, т.е. чем больше экспертиз провел эксперт, тем выше его весовой коэффициент.

Выводы

Предложен способ квалиметрической оценки основных критериев, основанный на стандарте ГОСТ Р ИСО 9004-2019 и процедуре самообследования вуза. Оценка производится по бальной шкале, и результат выражается переменной от 26 до 130 баллов, которая определяет уровень зрелости организации.

Разработана модель предметной области в виде системы продукционных правил с учетом весомости входных признаков. База знаний содержит продукционные правила, позволяющие оценить уровень вуза на основе нечеткого логического вывода. Реализация выполнена в среде Python с использованием библиотек Pandas, NumPy, MatPlotLib. С помощью Pandas (DataFrame) выполняется обработка входного файла (обучающая выборка). Разработанная интеллектуальная система предусматривает процедуру приобретения знаний, что ведет к расширению ее возможностей и добавлению в нее новых критериев, а это, в свою очередь, позволит проводить оценку и учет требований заинтересованных сторон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.
2. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева В.Г. и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. М.: Радио и связь, 1989. 304 с.
3. Конышева., Назаров Д. Основы теории нечетких множеств. Учебное пособие— СПб.: Питер, 2011, 192 с.
4. Эдгулова Е.К., Тхабисимова М.М., Бозиева А.М. Особенности построения баз знаний в интеллектуальных системах/ В сборнике: Информационные технологии в экологии, образовании и бизнесе. материалы конференции. 2021. С. 168–174.
5. Edgulova E.K., Lamerdonov Z.G., Khashirova T.Y., Moskalenko L.A., Denisenko V.A. ALGORITHM PARALLELIZING FOR CLASSIFYING THE COMPLEX SYSTEMS/ В сборнике: Proceedings of the 2018 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies", IT and QM and IS 2018. 2018. С. 620–622.
6. Хаширова Т.Ю., Малухова Ф.В., Балкизова Ф.Б., Апшева С.Ю. Применение цифровых технологий в управлении образовательной организацией. Современные проблемы науки и образования. 2022. № 2. С. 58.
7. Хаширова Т.Ю., Малухова Ф.В., Эдгулова Е.К., Гурфова Р.В. Современные подходы к проблеме управления педагогическим процессом образовательной организации с использованием информационно-коммуникационных технологий. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 1–2. С. 59–62.

© Эдгулова Елизавета Каральбиевна (ermolaeva-07@yandex.ru); Хаширова Татьяна Юрьевна (khashirova@mail.ru);
Бозиева Асият Мухтаровна (bozieva_asya@mail.ru); Гурфова Рита Ваноевна (guruinform1961@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.40

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

COMPARATIVE ANALYSIS OF RECOMMENDATION ALGORITHMS FOR DETERMINING PERSONAL PREFERENCES BASED ON NEURAL NETWORKS

T. Yang
G. Afanasyev
A. Kalistratov
A. Afanasyev

Summary: In this paper, we study several popular recommendation algorithms. Among the many personalized recommendation algorithms, the collaborative filtering algorithm has become one of the most widely used technologies due to its simplicity, efficiency, and accuracy. Based on existing research, this article combines Slope One's advanced weighted method with deep learning autoencoder to learn deeper features of the dataset while alleviating the problem of data sparseness, thereby improving the quality of recommendations.

Keywords: personalized recommendation, scoring matrix, deep learning autoencoder, neural networks.

Ян Тяньци
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
2936703080@qq.com
Афанасьев Геннадий Иванович
К.т.н., доцент, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
gaipcs@bmstu.ru
Калистратов Алексей Павлович
Ассистент, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
akalistratov@gmail.com
Афанасьев Арсений Геннадьевич
Ассистент, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
afanasievag@bmstu.ru

Аннотация. В данной работе производится исследование нескольких популярных алгоритмов рекомендаций. Среди многих алгоритмов персонализированных рекомендаций алгоритм совместной фильтрации стал одной из наиболее широко используемых технологий благодаря своей простоте, эффективности и точности. Основываясь на существующих исследованиях, в этой работе усовершенствованный взвешенный метод Slope One сочетается с автокодировщиком, основанном на глубоком обучении, чтобы изучить более глубокие особенности набора данных, одновременно облегчая проблему разреженности данных, тем самым улучшая качество рекомендаций.

Ключевые слова: персонализированная рекомендация, скоринговая матрица, автоэнкодер на основе глубокого обучения, нейронные сети.

Введение

В настоящее время (по данным 2022 года) рынок онлайн-кинотеатров превышает 1 млрд долларов в РФ, а оборот главного интернет-гиганта мира, Netflix, составляет 32 млрд долларов. Потребители онлайн-кинотеатров часто следуют рекламе или рекомендациям, а значит, алгоритм рекомендаций является наиболее важной частью системы рекомендаций фильмов [1-6]. Однако, с резким увеличением количества пользователей и фильмов качество рекомендаций традиционных моделей серьезно ухудшается. Кроме того, традиционный алгоритм коллаборативной фильтрации не может эффективно извлекать нелинейные факторы в данных и рассматривает данные с одной точки зрения [7].

Проведение анализа настроений — это нечто большее, чем классификация документа или предложения по положительным или отрицательным классам. Действительно, поиск настроения, обсуждаемого в каждом аспекте или особенности объекта, имеет первостепенное значение. Поэтому, в зависимости от требуемой степени детализации, задача анализа настроений выполняется на уровне документа, предложения и аспекта.

В конце 2002 года концепция анализа настроений, которая в основном фокусируется на выявлении полярности всего документа, содержащего мнения, по отношению к единому объекту (например, классификация всего обзорного документа, в котором говорится о данной футболке). Однако анализ настроений на уровне документа позже оказался ограниченным для предостав-

ления достаточного количества информации, поскольку он не учитывает различные предложения и аспекты, которые могут содержаться в документе. Например, предложение «Это очень хороший фильм, который я посмотрел!» классифицируется как выражающее позитивное настроение. Однако анализ настроений на уровне предложения сталкивается с той же проблемой, что и анализ настроений на уровне документа, поскольку не предоставляет достаточной информации о том, что на самом деле нравится или не нравится клиенту, поскольку предложение может содержать несколько объектов с разными аспектами.

Следовательно, чтобы решить проблему работы с несколькими объектами с различными аспектами, ученые начали новую веху анализа настроений на уровне характеристик, внедрив методику сбора мнений на основе характеристик и обобщения, которая учитывает различные аспекты продукта и полярность их настроений. В настоящее время анализ настроений на этом уровне широко известен как аспектный анализ настроений. В частности, он анализирует различные характеристики объекта и точно определяет, что кому-то нравится или не нравится в этом объекте или аспекте объекта в обсуждении. Рассматривая следующий пример: «Еда хорошая, но обслуживание плохое», мы можем ясно видеть, что предложение является положительным по отношению к аспекту «еда», но отрицательным по отношению к аспекту «обслуживание». Таким образом, аспектный анализ является одной из самых сложных, но крайне необходимых задач анализа настроений. Более того, сегодняшние приложения анализа настроений в реальной жизни основаны на этом уровне. Таким образом, аспектный анализ включает в себя множество подзадач, включая извлечение аспектных терминов, анализ настроений аспектных терминов и анализ настроений аспектных категорий.

С развитием технологии глубокого обучения новой тенденцией развития стала интеграция традиционных алгоритмов рекомендаций с технологией глубокого обучения для решения вышеуказанных проблем. Цель данной работы — рассмотреть метод заполнения матрицы скоринга на основе улучшенного алгоритма SlopeOne, чтобы предложить идеи для смягчения проблемы разреженности данных.

Алгоритм самокодирования рекомендаций

Алгоритм Slope One — это алгоритм совместной фильтрации на основе элементов, предложенный профессором Даниэлем Лемиром в 2005 году, который генерирует прогнозы путем вычисления отклонений в оценках между элементами. По сравнению с другими алгоритмами коллаборативной фильтрации, алгоритм Slope One несколько точнее [8].

Наши алгоритмы Slope One работают на интуитивно понятном принципе «разницы в популярности» между элементами для пользователей. Попарно мы определяем, насколько один товар нравится больше другого. Один из способов измерить эту разницу — просто вычесть среднюю оценку двух пунктов.

В свою очередь, эта разница может быть использована для прогнозирования оценки другим пользователем одного из этих элементов, учитывая их оценку другого. Рассмотрим двух пользователей *A* и *B*, два элемента *I* и *J* и рис. 1. Пользователь *A* присвоил элементу *I* оценку 1, в то время как пользователь *B* присвоил ему оценку *A*. оценка 2, в то время как пользователь *A* присвоил элементу *J* оценку 1,5. Мы видим, что элемент *J* оценивается выше, чем элемент *I*, на 1,5 — 1 = 0,5 балла, таким образом, мы могли бы предсказать, что пользователь *B* присвоит элементу *J* оценку 2 + 0,5 = 2,5. Мы называем пользователя *B* ожидаемый пользователь и элемент *J* — ожидаемый элемент. В обучающем наборе существует множество таких различий для каждого неизвестного рейтинга, и мы берем среднее значение этих различий. Семейство схем первого уклона, представленных здесь, основано на трех способах выбора соответствующих дифференциалов для получения единого прогноза.

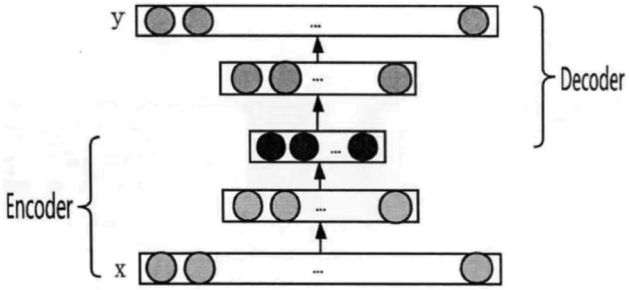


Рис. 1. Структура сети для алгоритмов рекомендаций с глубоким самокодированием

Рассчитаем коэффициент корреляции Пирсона (Pearson Correlation Coefficient) для расчета сходства между элементами, и его расчет основан на общей оценке двух элементов.

$$p_{ij} = \frac{\sum_{u \in U}\left(r_{ui} - \overline{r}_i\right)\left(r_{uj} - \overline{r}_j\right)}{\sqrt{\sum_{u \in U}\left(r_{ui} - \overline{r}\right)^2}\sqrt{\sum_{u \in U}\left(r_{uj} - \overline{r}\right)^2}} \quad (1)$$

где r_{ui} — Оценка товара *i* пользователем *u*; p_{ij} — обозначает сходство по Пирсону между товаром *i* и товаром *j*; *U* — множество всех пользователей; $\overline{r}_i$ — Среднее значение баллов по пункту *i*; $p_{ij} > 0$ — Пункт *i* и пункт *j* положительно коррелируют между собой; $p_{ij} = 0$ — Пункт *i* и пункт *j* не связаны между собой; $p_{ij} < 0$ — Пункт *i* и пункт *j* отрицательно коррелируют.

Поскольку некоррелированные и отрицательные корреляции не являются значимыми для прогнозиро-

вания баллов, в расчеты были включены только случаи, когда $p_{ij} > 0$. Таким образом, взвешенный алгоритм SlopeOne после слияния сходств элементов предсказывает формулу оценки pre_{ui} следующим образом.

$$pre_{ui} = \frac{\sum_{j \in S_{(u)} - \{i\}} \left(r_{uj} + dev_{ij} \right) * P_{ij} * \left| S_{ij} \right|}{\sum_{j \in S_{(u)} - \{i\}} * P_{ij} * \left| S_{ij} \right|} \quad (2)$$

где S_{ij} — Набор пользователей, которые оценили как элемент *i*, так и элемент *j*; $|S_{ij}|$ — Количество пользователей в наборе S_{ij}; $S_{(u)}$ — Коллекция предметов, оцененных пользователем *u*; $S_{(u)} - \{i\}$ — Набор элементов, у которых хотя бы один элемент *j* ($i \neq j$) был оценен пользователем *u* одновременно с элементом *i*.

Поскольку количество пользователей обычно намного больше, чем количество фильмов, в практическом применении рекомендации фильмов, рекомендация на основе пользователя больше соответствует реальным потребностям. На основе алгоритма рекомендации U-AutoRec структура самокодера, содержащая только один скрытый слой, модифицируется и расширяется в глубокий самокодер, содержащий три скрытых слоя, и используется в задаче предсказания рейтинга фильма [9].

На рисунке 1 показана сетевая структура предложенного алгоритма глубокого самокодирования рекомендаций с тремя скрытыми слоями. Первые два слоя — это слои кодирования, e_1 и e_2 соответственно, которые выполняют функцию кодирования, т.е. $encode(x) : R^n \rightarrow R^d$, а вторые два слоя — это слои декодирования, d_1 и d_2 соответственно, которые выполняют функцию декодирования, т.е. $decoder(x) : R^d \rightarrow R^n$. Когда x является входным сигналом, целью самокодирования является минимизация разрыва между входным сигналом x и выходным сигналом $y = decoder(encode(x))$. Вся структура сети является полносвязной, где *f* — нелинейная функция активации [10].

На основе алгоритма глубокого самокодирования рекомендаций строится самокодирование с уменьшением шума путем искусственного «повреждения» исходных данных рейтинга фильмов на локальном уровне, и, соответственно, предлагается алгоритм глубокого самокодирования с уменьшением шума на основе самокодирования рекомендаций фильмов под названием DeepRec. Это распространенная техника решения проблемы недостающих значений путем стирания определенных данных или замены некоторых из них [11]. Процесс добавления маскирующего шума показан на рисунке 2 ниже.

Как видно на рисунке 2, исходными входными данными являются *x*, а после маскировки и добавления шума данные становятся метаданными, причем некоторые элементы данных устанавливаются в 0. После этого испорченные данные подаются в самокодер для вычисления y и конечного выхода *z*. Оптимизируя функцию потерь *LH*, (*x, z*) для исходного входа *x* и входа *z*, самокодер вынужден изучать особенности данных на основе «испорченных» данных. Самокодировщик вынужден изучать особенности данных на основе «испорченных» данных [7].

Самокодеры с шумоподавлением

Самокодеры с шумоподавлением — это класс самокодеров, которые принимают на вход «испорченные» данные и обучаются предсказывать исходные, не испорченные данные на выходе [12]. На основе самокодера для подавления шума, предлагаемый глубокий самокодер для подавления шума формируется путем увеличения количества скрытых слоев, которые могут вычислять более сложную информацию о данных и изучать особенности высшего порядка входных данных. Как глубокая сеть с многослойной структурой, каждый уровень глубокого шумоподавляющего самокодера соответствует каждому слою нейронной сети, где выход предыдущего скрытого слоя используется в качестве входа для следующего слоя и так далее.

Как показано на рисунке 3, полный процесс обучения глубокого шумопонижающего самокодера достигается путем выполнения сначала предварительного обучения без контроля на каждом отдельном скрытом слое блока шумопонижающего самокодера, затем стекирования и, наконец, общего обучения с обратной настройкой.

На основе содержимого рисунка 3 строится самокодер глубокого шумоподавления, и модель обучается с новой матрицей оценок в качестве входных данных для минимизации функции потерь. Вход алгоритма: Матрица рейтинга пользователя — элемента $R^{m \times n}$, матрица

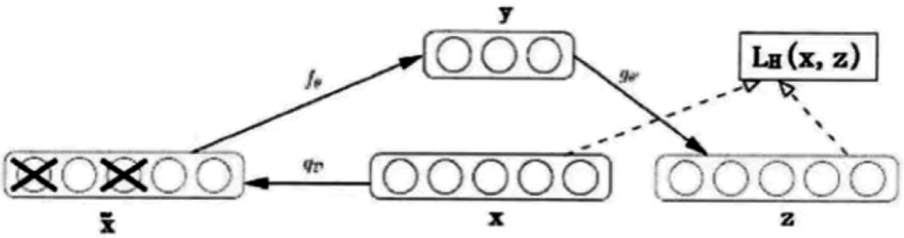


Рис. 2. Добавление маскирующего шума

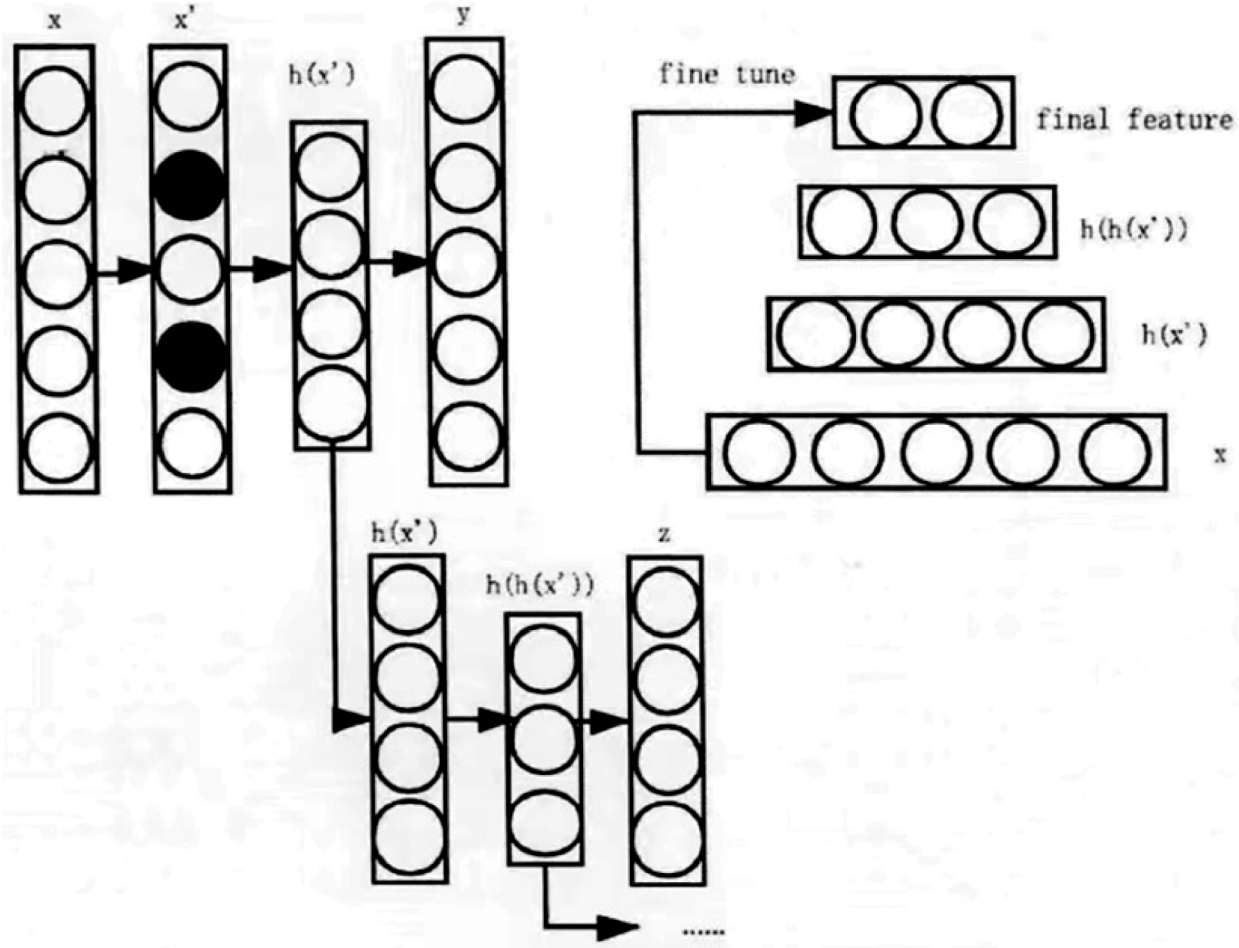


Рис. 3. Диаграмма процесса обучения самокодера глубокого шумоподавления

рейтинга пользователей $r^{(u)} = (R_{u1},\ldots,R_{un}) \in R^n$, набор тестовых данных *T*. Выход алгоритма: Предсказанная реконструированная матрица рейтинга; средняя абсолютная ошибка MAE и средняя квадратичная ошибка RMSE алгоритма тестового набора. Алгоритм рекомендации с самокодером глубокого шумоподавления [13–15]:

— Выполнить одно предсказание на исходной матрице с помощью улучшенного взвешенного алгоритма Slope one.
— Заполнить исходную матрицу соответствующими предсказанными значениями рейтинга.
— Произвести ввод матрицы оценок пользователей из новой матрицы оценок в самокодер с глубоким шумоподавлением.
— К данным во входном слое добавить маскирующий шум.
— Обучить самокодер глубокого шумоподавления в соответствии с послойным методом жадного обучения и определить соответствующие параметры модели путем непрерывной оптимизации функции потерь.
— На основе обученной модели восстанавливается матрица оценок на обучающем множестве *T* для получения прогнозных значений оценок.
— Прогнозируемые оценки сравниваются с исходными оценками и рассчитываются и выводятся средняя абсолютная ошибка MAE и среднеквадратичная ошибка RMSE.

Анализ численных данных

Для оценки качества работы модели был взят набор данных MovieLens, а для сравнения выбраны несколько других моделей, а именно: вероятностная матричная факторизация (PMF) [9], рекомендация на основе совместной фильтрации пользователя (U-KNN) [10], User— Based Restricted Boltzman Machines for Collaborative Filtering (U-RBM) [11], User-Based Autoencoder Recommendation Algorithm (U-AE) [12-14] и Noise Reduction Autoencoder Recommendation Algorithm (DAE), содержащий скрытый слой [15]. Т.е., необходимо было сравнить эффективность рекомендаций этих методов на одном и том же наборе данных.

Были выбраны два набора данных с различными уровнями разреженности данных: MovieLens-100K и MovieLens-1M соответственно.

Сравнение результатов предварительной обработки заполнения данных

Режим работы модели	MovieLens-100K	MovieLens-1M
Матрица оценок не заполнена заранее	0.675	0.811
Матрица оценок предварительно обрабатывается	0.731	0.855

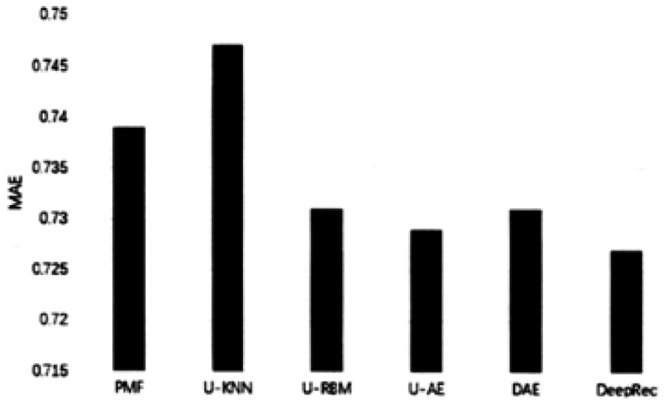


Рис. 4. Сравнение MAE DeepRec на наборе данных MovieLens-100K

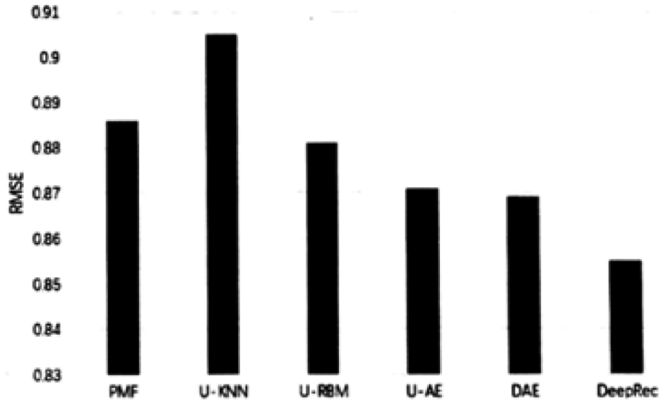


Рис. 5. Сравнение MAE DeepRec на наборе данных MovieLens-1M

Для экспериментов использовалась одна метрика, средняя абсолютная ошибка (MAE). В отличие от среднеквадратических ошибок, где используется квадрат разности, MAE является линейной оценкой, поэтому вес разностей одинаков независимо от диапазона. Это делает линейную шкалу более наглядной при сравнении точности моделей на разных масштабах данных.

После анализа результатов экспериментов можно сделать вывод, что для выбранного алгоритма средняя абсолютная ошибка является наименьшей. Т.е., алгоритм вполне приемлем для использования для решения задачи рекомендаций.

Заключение

В данной работе авторы провели обзор алгоритма персонализированных рекомендаций на основе самокодера глубокого шумоподавления для фильмов, названный DeepRec. В настоящее время большинство моделей глубокого обучения предлагают выполнять анализ настроений, предполагая, что текст имеет статический характер. Однако по-прежнему сложно справиться с динамическим анализом настроений и отслеживанием, которое связано с динамическим характером потоковой передачи данных, как в социальных сетях. Давайте возьмем пример беседы в Twitter, в которой многие пользователи обсуждают выборы. Такого рода ситуация ставит перед анализом настроений следующие задачи. Во-первых, наиболее сложной проблемой является быстрое изменение набора данных на каждом временном шаге. Во-вторых, словари, используемые пользователями, могут меняться с течением времени. В-третьих, количество пользователей, участвующих в разговоре, и их предпочтения могут меняться с течением времени. Таким образом, проведение анализа настроений в такого рода ситуациях все еще остается открытой исследовательской проблемой. Насколько нам известно, для решения этой темы не было предложено никакой модели глубокого обучения. Таким образом, благодаря возможностям моделей глубокого обучения, особенно механизма самовнимания и рекуррентной нейронной сети моделирования последовательного ввода, мы предполагаем, что моделирование социальных сетей с помощью механизма самовнимания или рекуррентных нейронных сетей путем объединения ссылок на настроения и контента поможет справиться с этой ситуацией. Для проверки качества работы алгоритма были проведены эксперименты на наборе данных MovieLens и проведено сравнение с другими алгоритмами. Сравнение экспериментальных результатов алгоритма с несколькими другими алгоритмами показало, что алгоритм DeepRec имеет немного лучшее качество рекомендаций. В дальнейшем авторы планируют развить эту тему и для других предметных областей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев Г.И. Афанасьев А.Г., Бурмистрова М.В. Тэт В.Я.С. Исследование методов машинного обучения для прогнозирования эффективных бизнес-решений в системах электронной коммерции // E-Scio. 2022. № 11 (74). С. 59–72.
2. Афанасьев Г.И. Афанасьев А.Г., Зо Х.А. Анализ возможностей применения компьютерного зрения в рекомендательных интернет-системах// E-Scio. 2022. № 11 (74). С. 73–82.
3. Афанасьев Г.И., Гой А.В., Ковалева Н.А. Анализ и сравнение методов Process Mining // Аспирант и соискатель. 2020. № 1 (115). С. 195-199.
4. Ч. Чжан, Афанасьев Г.И. Основные технологии и перспективы эволюции персонализированных рекомендательных систем // E-SCIO. 2022. №4(67). С.309–320.

5. Ч. Чжан, Афанасьев Г.И. Применение моделей глубокого обучения в области рекомендательных систем, основанных на содержании // Искусственный интеллект в автоматизированных системах управления и обработки данных. Сборник статей Всероссийской научной конференции. В 2-х томах. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2022. Т.1. С.278–284.
6. Steck H., Baltrunas L., Elahi E., Liang D., Raimond Y., & Basilico // Deep learning for recommender systems: A Netflix case study. // AI Magazine.2021. 42(3). P. 7–18.
7. Van den Oord A, Dieleman S, Schrauwen B. Deep content-based music recommendation[C] //Advances in neural information processing systems.2013. P. 2643–2651.
8. Nguyen H T H, Wistuba M, Grabocka J, et al. Personalized deep learing for tagrecommendation //Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. Springer. Cham. 2017. P.186–197.
9. Mnih A., Salakhutdinov R.R. Probabilistic matrix factorization//Advances ir neural information processing systems. 2008. P.1257–1264.
10. Moosavi-Dezfooli S.M., Fawzi A., Frossard P. Deepfool: A Simple and Accurate Method to Fool Deep Neural Networks // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016. P. 2574–2582. DOI 10.1109/CVPR.2016.282.
11. Herlocker J L, Konstan J A, Borchers A, et al. An algorithmic framework fo performing collaborative filtering///Proceedings of the 22nd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval.1999. P.230–237.
12. Narodytska N., Kasiviswanathan S.P. Simple Black-Box Adversarial Perturbations for Deep Networks // ArXiv preprint. 2016. DOI 10.48550/ARXIV.1612.06299.
13. Komkov S., Petiushko A. Advhat: Real-world adversarial attack on ArcFace Face ID system // 25th International Conference on Pattern Recognition (ICPR). 2021. P. 819–826. DOI 10.1109/ICPR48806.2021.9412236.
14. Sedhain S, Menon A K, Sanner S, et al. Autorec: Autoencoders meet collaborative filtering[C]//Proceedings of the 24th international conference on World Wide Web. 2015. P.111–112.
15. Wu Y, DuBois C, Zheng A X, et al. Collaborative denoising auto-encoders for top-n recommender systems//Proceedings of the Ninth ACM International Conference on Web Search and Data Mining.2016. P. 153–162.

© Ян Тяньци (2936703080@qq.com); Афанасьев Геннадий Иванович (gaipcs@bmstu.ru); Калистратов Алексей Павлович (akalistratov@gmail.com)
Афанасьев Арсений Геннадьевич (afanasievag@bmstu.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.01

УСПЕШНЫЙ СЛУЧАЙ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ АНЕВРИЗМЫ БРЮШНОГО ОТДЕЛА АОРТЫ У ПАЦИЕНТА С ВЫСОКИМИ ОПЕРАЦИОННЫМИ РИСКАМИ И КРАТКИЙ ОБЗОР ФАКТОРОВ РАЗРЫВА

A SUCCESSFUL CASE OF ENDOPROSTHESIS OF AN ABDOMINAL AORTIC ANEURYSM IN A PATIENT WITH HIGH OPERATIONAL RISKS AND A BRIEF OVERVIEW OF RUPTURE FACTORS

V. Arakelyan
R. Bukatsello
V. Papitashvili
N. Chernykh

Summary: Surgical treatment of abdominal aortic aneurysm in a patient with severe concomitant diseases, previously undergone surgical interventions and age, cause high operational and anesthetic risks, which in turn raise the question of choosing the optimal method of surgical treatment. According to the «Clinical Recommendations», the priority of choice is endovascular surgery, as it provides an opportunity to choose a less traumatic technique for performing surgical treatment. There are difficulties in carrying out preoperative preparation, certain requirements are set for the anatomy of aneurysmal dilation and the arteries of the iliofemoral segment. There is a need for the accuracy of diagnostic measures, the selection of the necessary delivery equipment and the stent graft itself. The article presents a clinical case of endovascular treatment of abdominal aortic aneurysm in an older age group woman with a burdened somatic status and anamnesis of the disease.

Keywords: abdominal aortic aneurysm, surgical treatment, EVAR, stent graft, gender characteristics, endovascular treatment.

Аракелян Валерий Сергеевич
д.м.н., профессор, руководитель отделения артериальной патологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России
valeryarakelyan@hotmail.com
Букацелло Роман Геннадьевич
к.м.н., старший научный сотрудник отделения хирургии артериальной патологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России
bukatsello@gmail.com
Папиташвили Василий Георгиевич
к.м.н., ведущий научный сотрудник отделения хирургии артериальной патологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России
vpapit@gmail.com
Черных Николай Александрович
аспирант отделения артериальной патологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России
nachernykh@bakulev.ru

Аннотация: Хирургическое лечение аневризмы брюшного отдела аорты у пациента с тяжелыми сопутствующими заболеваниями, ранее перенесенные оперативные вмешательства и возраст, обуславливают высокие операционные и анестезиологические риски, что в свою очередь ставят вопрос о выборе оптимального метода хирургического лечения. Согласно «Клиническим рекомендациям» приоритетом выбора выступает эндоваскулярное хирургическое вмешательство, так как предоставляет возможность выбора менее травматичной техники выполнения хирургического лечения. Имеются сложности в проведении предоперационной подготовки, выставлены определенные требования к анатомии аневризматического расширения и артериям подвздошно-бедренного сегмента. Возникает необходимость в точности проведения диагностических мероприятий, подбора необходимого доставляющего оборудования и самого стент-графта. В статье приводится клинический случай эндоваскулярного лечения аневризмы брюшного отдела аорты у женщины старшей возрастной группы с отягощенным соматическим статусом и анамнезом заболевания.

Ключевые слова: аневризма брюшного отдела аорты, хирургическое лечение, EVAR, стент-графт, гендерные особенности, эндоваскулярное лечение.

Введение

Эпидемиологическая обстановка современного мира в последние годы находится в напряженном состоянии, мировая пандемия с Covid 19 диктует свои правила, статистика заболеваемости растет. И все же на первом месте в смертности занимают сердечно-сосудистые заболевания, вне зависимости от географического расположения, климатических условий и экономического развития страны. Ежегодно в Европе умирает 4 млн человек, один миллион из которых приходится на Россию [1]. В частности, к инвалидизации и смертности среди заболеваний ССС чаще приводят атеросклеротические поражения сосудов, протекающие по окклюзионно-стенотическому или аневризматическому типу. Согласно международным и национальным рекомендациям сформулировано определение АБА: «Аневризмой брюшного отдела аорты называется расширение аорты более 3 см или расширение в 1,5 раза превышающее диаметр, нерасширенного участка брюшного отдела аорты.» [2,3] По данным Л.А. Бокерия, в 2019 году сердечно-сосудистые заболевания стали причиной более 46 % всех летальных случаев в России. Часто аневризматическая трансформация наблюдается в абдоминальном отделе аорты [4], среди аневризм магистральных артерий, примерно 80 % из возникает ниже почечных артерий в области бифуркации аорты [5]. Частота встречаемости данной патологии среди мужчин составляет от 3,9 до 7,2 %, от 1,0 % до 1,3 % среди женщин. [6,7] Преобладающий возраст данной патологии люди старше 65 лет, частота встречаемости в данной возрастной группе составляет от 4 % до 8 %. [8] Если диагноз АБА диагностирован до появления симптомов, его можно вылечить, однако разрыв АБА считается неотложной медицинской помощью, с высокой вероятностью летального исхода, смертность составляет от 59 % до 90 %, если разрыв произошел спонтанно не в условиях стационара. [9] Следовательно высока необходимость качественной скрининговой диагностики данного заболевания, разработка и внедрение современных методов профилактики, лечение на ранних стадиях заболевания и устранения факторов риска.

Патогенез АБА

Аорта входит в брюшную полость через диафрагму и далее делится на 2 крупных сосуда: общую подвздошную артерию и срединную крестцовую артерию. Важными ветвями брюшной аорты являются поясничная и мышечно-диафрагмальная артерии, почечные и надпочечные артерии, а также артерии, обеспечивающие васкуляризацию внутренних органов брюшной полости, такие как чревный ствол и верхняя, нижняя брыжеечные артерии. [10] Как правило, все артерии имеют 3 слоя. Слои аорты состоят из гладкой мышечной ткани, нервов, клеток интимы и внеклеточного матрикса. Стенка аорты делится на 3 слоя (от наружного к просвету): наружная оболочка (или адвентициальная оболочка), средняя оболочка и внутренняя оболочка. Кровоснабжение наружной и средней оболочек обеспечивается разветвленной сетью мелких кровеносных сосудов, известной как vasa vasora. [10] Пульсирующий кровоток образуется за счет сократительной способности левого желудочка сердца. Средняя оболочка содержит коллагеновые и эластичные волокна, которые позволяют ей растягиваться и сокращаться в ответ на пульсирующий поток крови, способствуя продвижению крови по кровеносной системе. Например, когда левый желудочек сокращается (систола), кровь выталкивается в аорту, которая расширяется, это растяжение обеспечивает потенциальную энергию, которая помогает поддерживать артериальное давление во время диастолы. [11] Давление крови через аорту, называемое пульсовым давлением, равно систолическому давлению минус диастолическое давление. Мера давления кровотока через аорту называется средним артериальным давлением (MAP), часто сокращенно P mean. САД является мерой сердечного выброса, системного сосудистого сопротивления и центрального венозного давления. Среднее артериальное давление является самым высоким в аорте и снижается по всей системе кровообращения по мере того, как аорта разветвляется на артерии, а затем на артериолы, капилляры и вены. [11]

С возрастом стенки аорта становятся менее эластичными, что приводит к увеличению кровяного давления, что в свою очередь способствует развитию аневризматического расширения, и в наиболее уязвимом участке аорты, развитию аневризмы.

Как правило, АБА представляет собой очаговое, локализованное увеличение (расширение) участка брюшной аорты 3,0 см или более, или когда диаметр расширения на 50 % больше нормы. [12] Расширение стенки аорты происходит, когда средняя оболочка ослабевает. Пульсирующая сила крови, проходящая через аорту, заставляет внутреннюю и внешнюю оболочки растягиваться и расширяться. По мере того, как слои стенки сосуда постепенно ослабевают, аневризма продолжает увеличиваться, часто приводя к разрыву и летальному исходу события.

Описание случая

Пациентка 86 лет поступила в отделение с диагнозом: Аневризма инфраренального отдела брюшной аорты. Атеросклероз внечерепных мозговых артерий. Стеноз обеих ВСА. ХСМН 1 ст. Атеросклеротическая сердечно-сосудистая болезнь. Гипертоническая болезнь 3 ст. Риск ССО 4. Постоянная форма фибрилляции предсердий. НК 1.

При поступлении общее состояние пациентки средней степени тяжести. Предъявляет жалобы на ощущение пульсации в области живота, боли в поясничной области, общую слабость. Чаще всего АБА протекают бессимптомно до тех пор, пока они не разрастутся настолько, чтобы давить на рядом расположенные органы, таким образом они могут быть не замеченными годами. Точно так же трудно предсказать скорость расширения АБА. Часто встречаемые симптомы: неопределенная, но постоянная глубокая боль в спине или животе, которая может распространятся на бока и в пах. Ощущение пульсирующего образования в области пупка. Все вышеперечисленные симптомы характерны преимущественно для неразорвавшихся аневризм. Симптомы разрыва АБА более выражены, но все же неоднозначны. К ним относятся выраженные боли в животе или спине, их можно спутать с почечными коликами, дивертикулитом или грыжей. Эта сильная боль может появиться внезапно, быть постоянной или распространяться на пах, ягодицы, ноги или мошонку. Тахикардия и головокружение в положении стоя. Может возникнуть обморок, потеря сознания, тошнота и рвота, выступить холодный пот. Внутреннее кровотечение из разорванной АБА может привести к гиповолемическому шоку, с такими симптомами, как гипотензия, цианоз. Эти симптомы являются серьезными, учитывая, что почти 65% пациентов с разрывом АБА умирают от внезапного сердечно-сосудистого коллапса. [13]

Из анамнеза: вышеуказанные жалобы стали беспокоить около 1 месяца назад. Об аневризме брюшной аорты стало известно впервые по результатам УЗИ брюшной полости в мае 2020 года.

Дополнительные данные анамнеза: В июле 2020 г. Была выполнена операция по поводу аденокарциномы сигмовидной кишки — правосторнняя гемиколэктомия с расширенной лимфоаденоэктомией и формированием ручного анастомоза бок в бок. 2 июля 2020 г. по данным МСКТ-АГ брюшной аорты подтверждено наличие аневризмы брюшной аорты размерами 45 х 70 мм. В июне 2021 года после обращения по средствам телемедицины в НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева МЗ РФ, принято решение о плановой госпитализации в ОХАП для решения вопроса об эндопротезировании брюшного отдела аорты.

Факторы риска: Одним из существенных факторов риска является курение. [14,15] Курение отрицает. Но даже если в прошлом пациентка не продолжительное время употребляла табак, то обнаружено увеличение риска возникновения АБА, [16] хотя этот риск снижался со временем после прекращения курения. [17] Алкоголь и прием наркотических средств отрицает. Артериальная гипертензия. Многие исследования включают высокое кровяное давление и хроническую гипертензию (систолическое ≥ 160 мм рт. ст.; диастолическое ≥ 95 мм рт. ст.) в качестве факторов риска. [18,19] Однако существуют противоречивые данные о том, зависит ли риск АБА от гипертонии относительно пола. [20] Кроме того, распространенность АБА среди мужчин старше 50 лет в 4–6 раз выше, чем у женщин того же возраста. [20] Интересно, что АБА развиваются у женщин на 10–15 лет позже, чем у мужчин. Пик распространенности АБА у мужчин составляет 5,9 % в возрасте от 80 до 85 лет. Однако среди женщин пик распространенности составляет 4,5 % в возрасте 90 лет и старше. [21] Что касается наследственности то, положительный семейный анамнез АБА у родственника первой степени родства увеличивает риск развития аневризмы аорты в 10 раз. [22] Продолжаются исследования в попытке определить специфические гены, связанные с развитием АБА. [23] Наследственность не отягощена у пациентки.

Гиподинамия, гиперлипидемия, ожирение, многососудистое атеросклеротическое поражение, женский пол и не простой анамнез увеличивают риски интра— и послеоперационных осложнений.

Гинекологический анамнез: Количество беременностей 4. Количество родов 1. Количество абортов 3. Менопауза с 60 лет.

Перенесенные операции: 1970 год — эндоскопическая холецистэктомия. 16.07.2020 года — правосторонняя гемиколэктомия с расширенной лимфоаденоэктомией и формированием ручного анастомоза бок-в бок.

Объективное обследование: Общее состояние удовлетворительное.

Рост(см) = 167. Вес(кг) = 79. Индекс массы тела = 28,33. Строение тела правильное. Развитие подкожной клетчатки умерено повышено. Отёков нет. Окрас кожных покровов обычный. Мышцы нормально развиты, п/о рубец полной срединной лапаротомии и дренажной апертуры справа в мезогастрии. Грудная клетка правильной формы. Частота дыхательных движений 17 в мин. Дыхание везикулярное, проводится во все отделы. Тоны сердца аритмичные, приглушены. Шумов сердца нет. ЧСС = 88 уд/мин. АД: на левой руке — 119/72 мм рт.ст. Пульс удовлетворительного наполнения = 88 уд/мин. Пульсация артерий в/к, н/к определяется на всех уровнях.

Эхокардиография: по Симпсону: КСО 30.0 мл КДО 68.0 мл УО 38.0 мл ФВ 55.9 %. По Тейхольцу: КСР 2.3 см КДР 4.0 см КСО 18.1 мл КДО 70.0 мл УО 51.9 мл ФВ 74.1 % ФУ 42.5 %. Уплотнение стенок восходящей аорты и створок АК. Недостаточность АК 1 ст. Недостаточность МК 2 ст. Недостаточность ТК 2–3 ст. Признаки легочной гипертензии. Умеренная дилатация обоих предсердий. Полости желудочков сердца не расширены. Сократительная способность миокарда ЛЖ удовлетворительная. Незна-

чительная симметричная гипертрофия миокарда ЛЖ. Дополнительные особенности: Мерцательная аритмия.

УЗДС брахиоцефальных сосудов: a.c.i.D — гетероэхогенный с вкл Са стеноз, длиной около 2.0 см: в устье 65–70 %(по площади поражения 70–75 %), в луковице стеноз 60–65 %, контур неровный, минимальный диаметр внутреннего просвета 2.0 мм, увеличение ЛСК до 200 см/сек, градиент 16 мм.рт.ст. Девиация ВСА в д/о, 120 град, ЛСК б/о. Диастолическая скорость в д/о ВСА высокая, что свидетельствует об отсутствии тандем-стенозов ВСА справа.; a.vert.S — стеноз в устье 45–50 %, S-извитость в V-I(70 град с септальным стенозом;100 град); a.c.i.S — гетероэхогенный с вкл Са стеноз, длиной около 2.0 см: в устье 65–70 %(по площади поражения 70–75 %), в луковице стеноз 60–65 %, контур неровный, минимальный диаметр внутреннего просвета 2.0 мм, увеличение ЛСК до 202 см/сек, градиент 16 мм.рт.ст. Девиация ВСА в д/о, 120 град, ЛСК б/о. Диастолическая скорость в д/о ВСА высокая, что свидетельствует об отсутствии тандем-стенозов ВСА слева.

КГ/АКГ: стеноз ПМЖВ ЛКА до 40 %.

МСКТ АГ брюшной аорты и подвздошных артерий (15.07.2021 года) — веретенообразное аневризматическое расширение инфраренального отдела брюшной аорты протяжённостью 62 мм, максимальным диаметром 47 мм с серповидным пристеночным тромбозом по передней стенке. (Рис. 1)



Рис. 1. Предоперационная 3D реконструкция КТ с контрастированием: веретенообразное аневризматическое расширение инфраренального отдела брюшной аорты

Учитывая данные анамнеза, проведенного инструментального обследования, тяжелую сочетанную патологию, обуславливающую высокий операционно-анестезиологический риск, было принято решение о проведении эндоваскулярного вмешательства: Эндопротезирование инфраренального отдела аорты с выходом браншей протеза в подвздошные артерии.

Протокол операции: Больной подан в рентгеноперационную. Под эпидуральной анестезией бригадой сосудистых хирургов выделены правая и левая ОБА. Под ангиоскопическим контролем выполнена ретроградная катетеризация аорты левым трансфеморальным доступом методом по Сельдингеру. Установлен артериальный интродьюсер диаметром 6F. Выполнена ангиография брюшной аорты, по которой подтверждается аневризма инфраренального отдела аорты, без признаков диссекции. Принято решение выполнить эндопротезирование инфраренального отдела аорты с переходом на обе ОПА.

Описание операции: В восходящий отдел аорты из левого трансфеморального доступа проведен диагностический проводник, по которому проведен катетер Pigtail, смена проводника на жесткий проводник Lunderqwist, далее интродьюсер удален и по проводнику в инфраренальный отдел аорты доставлен стент-графт Endurant II размером 28мм/14мм/103мм и выполнена его имплантация. Далее через ранее установленный интродьюсер (6F) в правой ОБА под ангиоскопическим контролем диагностический проводник проведен в восходящий отдел аорты, через просвет ранее установленного стент-графта. По проводнику проведен катетер Pigtail, смена проводника на жесткий проводник Lunderqwist, далее по проводнику в правую ОПА доставлен стент-графт Endurant II размером 16мм/13мм/124мм и выполнена его имплантация от уровня отхождения правой бранши эндопротеза. Затем в левую ОПА доставлен стент-графт Endurant II размером 16мм/13мм/93мм и выполнена его имплантация от уровня дистальной кромки левой бранши ранее установленного стент-графта. После последовательного удаления доставочной системы и жестких проводников выполнено моделирование баллоном Reliant проксимального и дистальных краев стент-графта и мест соединения браншей. Выполнена контрольная ангиография брюшной аорты, на которой визуализируется полное прилегание стент-графта к стенкам аорты, браншей к правой и левой ОПА, позиционирование эндопротеза адекватное, раскрытие полное, признаков подтеканий не выявлено (Рис. 2).

Далее бригадой сосудистых хирургов выполнена пластика правой и левой ОБА. Операция прошла без осложнений. Суммарная гепаринизация составила 7.5 тыс. МЕ. Асептическая повязка на п/о раны справа и слева.



Рис. 2. Послеоперационная ангиография с введением контрастного вещества, эндопротезирование инфраренального отдела аорты с выходом бранш протеза в подвздошные артерии

Послеоперационный период протекал без осложнений. По данным контрольного УЗДС — зона реконструкции проходима. Пациентка выписана на 5-е сутки после операции в удовлетворительном состоянии. По данным КТ-ангиографии брюшной аорты и артерий нижних конечностей через 6 месяцев после операции — стент-графт проходим, без признаков дислокации и эндолика.

Обсуждение

В настоящее время сердечно-сосудистый хирург имеет множество методов предоперационной диагностики для подтверждения диагноза и выбора наиболее подходящего метода лечения. Также актуален остается вопрос выбора метода оперативного вмешательства, провести операцию традиционным методом открытой реконструкции или воспользоваться высокотехнологичным эндоваскулярным протезированием аневризмы брюшного отдела аорты? (Рис. 3).

Важным фактором, влияющим на выбор, оказывают размер аневризмы и риск ее разрыва. Скорость увеличения АБА варьируется, одни прогрессируют медленно, другие увеличиваются быстро, и около 20% остаются одного размера на неопределенный срок. В свою очередь влияет на принятие решения и сопутствующие факторы. В представленном клиническом случае у пациентки был отягощенный анамнез ранее перенесенных оперативных вмешательств. Высок был риск интраоперационных осложнений в связи с ранее выполненной срединной

Рис. 3. Схема А— открытая реконструкция, выполнение резекции аневризмы брюшного отдела аорты с линейным протезированием; Схема Б — установка стент-графта в инфраренальный отдел аорты

лапоротомии, что в свою очередь усложняет выполнение хирургом повторного доступа к брюшному отделу аорты. Тяжелые нарушения со стороны работы проводящей системы сердца, мерцательная аритмия постоянной формы. Значительное атеросклеротическое поражение артериального русла брахиоцефальных артерий, что повышает риски развития послеоперационных осложнений. Также возрастная категория пациентки имеет высокий риск к разрыву аневризмы брюшного отдела аорты. [24] Таким образом были выполнены в полном объеме лабораторные и инструментальные исследования, осуществлен тщательный анализ современной литературы и клинических рекомендаций представленного заболевания. Коллегиально после оценки всех рисков было принято решение о выполнении эндоваскулярного вмешательства, тем самым была выработана оптимальная тактика хирургического лечения, что в свою очередь предоставило возможность добиться хороших результатов лечения и избежать рисков развития осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nichols M, Townsend N, Scarborough P, Rayner M. Cardiovascular disease in Europe 2014: epidemiological update. Eur Heart J. 2014 Nov 7;35(42):2950-9. doi: 10.1093/eurheartj/ehu299. Epub 2014 Aug 19. Erratum in: Eur Heart J. 2015 Apr 1;36(13):794. PMID: 25139896.
2. Moll, F.L. Management of Abdominal Aortic Aneurysms. Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery / F.L. Moll, J.T. Powell, G. Fraedrich [et al.] // Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. — 2011. — Vol. 41. — P. 1–58. DOI: 10.1016/j.ejvs.2010.09.011
3. Покровский А.В. Заболевания аорты и ее ветвей. М.: Медицина. 1979; 324.УДК 616.136
4. Бокерия Л.А. (ред.). Сердечно-сосудистая хирургия — 2019. М.: НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России; 2020. 175–188 с.
5. Aggarwal S, Qamar A, Sharma V, Sharma A. Abdominal aortic aneurysm: A comprehensive review. Exp Clin Cardiol. 2011 Spring;16(1):11–5. PMID: 21523201; PMCID: PMC3076160.
6. Guirguis-Blake JM, Beil TL, Sun X, Senger CA, Whitlock EP. Primary Care Screening for Abdominal Aortic Aneurysm: A Systematic Evidence Review for the U.S. Preventive Services Task Force [Internet]. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2014 Jan. Report No.: 14-05202-EF-1. PMID: 24555205.
7. Guirguis-Blake JM, Beil TL, Senger CA, Whitlock EP. Ultrasonography screening for abdominal aortic aneurysms: a systematic evidence review for the U.S. Preventive Services Task Force. Ann Intern Med. 2014;160(5):321–329. doi:10.7326/M13-1844.

8. Kent, K.C. Clinical Practice: Abdominal Aortic Aneurysms / K.C. Kent // N. Engl. J. Med. — 2014. — Vol. 371. — P. 2101–2108. doi: 10.1056/NEJMcp1401430.
9. Upchurch GR Jr, Schaub TA. Abdominal aortic aneurysm. Am Fam Physician. 2006 Apr 1;73(7):1198–204. PMID: 16623206.
10. OpexStax College. Anatomy and Physiology. Houston, TX: OpenStax College; 2013.
11. Sherwood L. Human Physiology: From Cells to Systems. 9th ed. Boston, MA: Cengage Learning; 2016.
12. Kent KC. Clinical practice. Abdominal aortic aneurysms. N Engl J Med. 2014;371(22):2101–2108. doi:10.1056/NEJM cp1401430.
13. Assar AN, Zarins CK. Ruptured abdominal aortic aneurysm: a surgical emergency with many clinical presentations. Postgrad Med J. 2009;85(1003):268–273. doi:10.1136 /pgmj.2008.074666.
14. Iribarren C, Darbinian JA, Go AS, Fireman BH, Lee CD, Grey DP. Traditional and novel risk factors for clinically diagnosed abdominal aortic aneurysm: the Kaiser multiphasic health checkup cohort study. Ann Epidemiol. 2007;17(9):669–678. doi: 10.1016/j.annepidem.2007.02.004. Epub 2007 May 18. PMID: 17512215.
15. Wilmink TB, Quick CR, Day NE. The association between cigarette smoking and abdominal aortic aneurysms. J Vasc Surg. 1999;30(6):1099–1105. doi: 10.1016/s0741-5214(99)70049-2. PMID: 10587395.
16. Greco G, Egorova NN, Gelijns AC, et al. Development of a novel scoring tool for the identification of large ≥5 cm abdominal aortic aneurysms. Ann Surg. 2010;252(4):675–682. doi:10.1097/SLA.0b013e3181f621c8. doi: 10.1097/SLA.0b013e3181f621c8. PMID: 20881774.
17. Kent KC, Zwolak RM, Egorova NN, et al. Analysis of risk factors for abdominal aortic aneurysm in a cohort of more than 3 million individuals. J Vasc Surg. 2010;52(3):539-548. doi:10.1016/j.jvs.2010.05.090.
18. Törnwall ME, Virtamo J, Haukka JK, Albanes D, Huttunen JK. Life-style factors and risk for abdominal aortic aneurysm in a cohort of Finnish male smokers. Epidemiology. 2001;12(1):94–100. doi: 10.1097/00001648-200101000-00016. PMID: 11138827.
19. Simoni G, Pastorino C, Perrone R, et al. Screening for abdominal aortic aneurysms and associated risk factors in a general population. Eur J Vasc Endovasc Surg. 1995;10(2):207–210. doi: 10.1016/s1078-5884(05)80113-3.
20. Черных Н.А., Аракелян В.С. Гендерные особенности аневризм брюшного отдела аорты как фактор хирургического риска. Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2021. Т. 63. № 5. С. 407–411. DOI: 10.24022/0236-2791-2021-63-5-407-411
21. Bengtsson H, Sonesson B, Bergqvist D. Incidence and prevalence of abdominal aortic aneurysms, estimated by necropsy studies and population screening by ultrasound. Ann N Y Acad Sci. 1996;800:1–24. doi: 10.1111/j.1749-6632.1996.tb33294
22. Sandford RM, Bown MJ, London NJ, Sayers RD. The genetic basis of abdominal aortic aneurysms: areview. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2007;33(4):381–390. doi: 10.1016/j.ejvs.2006.10.025
23. Golledge J, Kuivaniemi H. Genetics of abdominal aortic aneurysm. Curr Opin Cardiol. 2013;28(3):290–296. doi:10.1097/HCO.0b013e32835f0d55.
24. Katz DJ, Stanley JC, Zelenock GB. Gender differences in abdominal aortic aneurysm prevalence, treatment, and outcome. J Vasc Surg 1997;25:561–8. DOI: 10.1016/s0741-5214(97)70268-4

© Аракелян Валерий Сергеевич (valeryarakelyan@hotmail.com); Букацелло Роман Геннадьевич (bukatsello@gmail.com);
Папиташвили Василий Георгиевич (vpapit@gmail.com); Черных Николай Александрович (nachernykh@bakulev.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.02

ВЛИЯНИЕ COVID-19 НА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ СИСТЕМУ

EFFECTS OF COVID-19 ON THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

E. Bugaeva
K. Zhmereneckij
S. D'yachenko

Summary: An analysis of the literature data on the impact of COVID-19 on the cardiovascular system was carried out. A systematic review of studies published in Russian and English from 2016 to 2022 was performed using the PubMed, ScienceDirect, ProQuest, GoogleScholar, Cochrane, Medline, AMED, EMBASE, CINHAL, SportDiscus, Scopus, and PEDro databases. The review included review articles, qualitative studies, questionnaires, retrospective and prospective studies. Patients with COVID-19 who had a history of cardiovascular disease have the worst prognosis and are more likely to have complications of the infectious pathology under discussion. It is critical to understand molecular pathways and critical target molecules for the development of new drugs to treat the disease in question. The development of rehabilitation measures for patients who have undergone coronavirus infection remains relevant problem.

Keywords: cardiovascular system, COVID-19, cardiovascular disease, cardiomyopathy, heart failure6 adults.

Бугаева Елена Игоревна
Соискатель, заведующая терапевтическим отделением, Краевое государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городская клиническая больница» имени профессора А.М. Войно-Ясенецкого министерства здравоохранения Хабаровского края
lenuss77@mail.ru
Жмеренецкий Константин Вячеславович
член –корр., профессор, д.м.н., ректор, ФГБОУ ВО ДВГМУ МЗ РФ
zhmerenetsky@list.ru
Дьяченко Сергей Владимирович
Д.м.н., доцент, врач клинический фармаколог, Краевое государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городская клиническая больница» имени профессора А.М. Войно-Ясенецкого министерства здравоохранения Хабаровского края
strepto@rambler.ru

Аннотация. Проведен анализ литературных данных, посвященных вопросу влияния COVID-19 на сердечно-сосудистою систему. Был выполнен систематический обзор исследований, опубликованных на русском и английском языках с 2016 по 2022 годы с использованием баз данных PubMed, ScienceDirect, ProQuest, GoogleScholar, Cochrane, Medline, AMED, EMBASE, CINHAL, SportDiscus, Scopus и PEDro. В обзор были включены обзорные статьи, качественные исследования, анкетные опросы, ретроспективные и проспективные исследования. Пациенты с COVID-19, у которых в анамнезе были сердечно-сосудистые заболевания имеют наихудший прогноз и с большей вероятностью имели осложнения обсуждаемой инфекционной патологии. Крайне важно понять молекулярные пути и критически важные молекулы-мишени для разработки новых лекарств для лечения обсуждаемого заболевания. Актуальным остается разработка реабилитационных мер для пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, COVID-19, сердечно-сосудистые заболевания, кардиомиопатия, сердечная недостаточность, взрослые.

Коронавирусная инфекция 2019 года (COVID-19), вызванная новым вирусом, очень быстро переросла в глобальную пандемию. SARS-CoV-2 преимущественно поражает легкие, но более подверженные заражению пожилые люди и те, кто имеет сопутствующие заболевания, как гипертоническая болезнь, неврологические расстройства, сахарный диабет и сердечно-сосудистые заболевания. Пациенты с сопутствующими заболеваниями имеют высокий уровень смертности и часто нуждаются в госпитализации в отделение интенсивной терапии.

Коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома 2 поразил людей из разных частей мира и на сегодняшний день является основной причиной значительной заболеваемости и смертности [1].

Впервые он появился в конце 2019 года и вызвал коронавирусную болезнь-19 (COVID-19). Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила пандэпидемию SARS-CoV-2 11 марта 2020 года. Она затронула 269 миллионов человек в 224 странах и территориях, при этом 5,3 миллиона человек погибли, в основном пожилые люди и работники, работающие на передовой. Случаи COVID-19 ежедневно увеличивались после открытия его штампа «Омикрона» [2]. Исторически сложилось так, что в феврале 2003 года первый SARS-CoV был обнаружен в Китае.

В настоящее время с заболеванием человека связаны семь типов коронавируса: OC43, NL63,229E, HKU1, SARS-CoV, MERS-CoV, а самым последним из них является SARS-CoV-2. SARS-CoV-2 представляет собой одноцепочечный РНК-вирус с положительной цепью, который

реплицируется с использованием кодируемой вирусом РНК-зависимой РНК-полимеразы. Общие симптомы COVID-19 включают лихорадку, боль в горле, кашель, инфекции легких и, в тяжелых случаях, острый респираторный дистресс-синдром, сепсис и смерть. SARS-CoV-2 преимущественно поражает легкие, но может также затрагивать и другие органы, такие как мозг, сердце и желудочно-кишечный тракт [3].

Лихорадка является основным симптомом других инфекций, например инфекций мочевыводящих путей [4]. Отмечено, что 75 % госпитализированных пациентов с COVID-19 имеют по крайней мере одно сопутствующее заболевание, связанное с COVID-19. Наиболее распространенные сопутствующие заболевания являются гипертоническая болезнь, неврологические расстройства, сахарный диабет (СД), рак, хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), эндотелиальная дисфункция и сердечно-сосудистые заболевания.

Более того, осложнения, связанные с COVID-19, усугубились у пожилых пациентов, и пациентов с ранее существовавшей полипрагмазией. SARS-CoV-2 также приводит к проблемам с гиперкоагуляцией такими, как гангрена, инсульт, легочная эмболия и другим сопутствующим осложнениям [5]. У больных сахарным диабетом более высокая заболеваемость и смертность, а также более высокие показатели госпитализации и госпитализации в отделение интенсивной терапии (ОИТ) [5]. Уровень смертности также выше у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ) с повышенным уровнем тропонина [6].

Сегодня ведущей кардиологической задачей является определение подвержены ли люди с сердечно-сосудистыми заболеваниями большему риску заражения SARS-CoV-2. Различные исследования, установили связь нарушений ССЗ с инфекцией MERS и SARS [7]. Анализ 637 случаев MERS-CoV показал, что в 50 % случаев отмечается высокая распространенность сахарного диабета и повышенное кровяное давление, а в 30 % случаев — высокий риск сердечно-сосудистых заболеваний [7,8].

Хорошо задокументировано взаимодействие SARS-CoV-2 с рецепторами ангиотензинпревращающего фермента 2 (ACE-2), которые в наибольшем количестве присутствуют в легких, сердце, системе ЖКТ, почках. Установлено, что с помощью взаимодействия с рецептором ACE-2 вирус достигает кардиомиоцитов и эпителиальных клеток, выстилающих альвеолярную ткань [9]. Кроме того, ACE-2 играет роль в нейрогуморальной регуляции сердечно-сосудистой системы. Взаимодействие SARS-CoV-2 с ACE-2 в кардиомиоцитых и альвеолах привело к изменению передачи сигналов ACE-2, что приводит к острому повреждению легких и сердца [10, 11].

ACE-2 защищает сердце от иннервации ренин-ангиотензиновой системы (РААС), которая участвует в превращении ангиотензина-II (Ang II) в ангиотензин (I–VII). Ang II является мощным вазоконстриктором с провоспалительной активностью, вызывающей повреждение эндотелия капилляров, в то время как ангиотензин (I–VII) оказывает противоположное действие. Попадание вируса снижает уровень ACE-2 и повышает уровень Ang II, что повышает риск сердечного повреждения. Следовательно, повышенный уровень рецепторов ACE-2 увеличивает содержание вируса, но обладает кардиозащитным потенциалом. Наблюдается тревожная эскалация сопутствующих заболеваний среди пациентов с ССЗ. Инфекция затрагивает биохимические пути, имеющие отношение к ССЗ, такие как путь ACE-2, целостность сердечной мышцы, пути фибриногена, окислительно-восстановительный гомеостаз, вызывает разрушение бляшек, присутствующих в стенте, и, наконец, усугубляет повреждение и дисфункцию миокарда [12].

По имеющимся данным, 7,2–19,7 % больных, в том числе 40% пациентов с сердечно-сосудистыми и цереброваскулярными заболеваниями страдают от острой ишемии миокарда [2]. Ретроспективное исследование с участием 1009 пациентов с COVID-19 показало, что 14,9 % субъектов страдали артериальной гипертензией (АГ), а 2,5 % — ишемической болезнью сердца (ИБС) [13]. Кроме того, исследование показало, что у 72 314 больных COVID-19 уровень смертности среди лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями составил 10,5 % [14]. Пациенты с АГ, ИБС, СД и сердечной недостаточностью (СН) более склонны к инфекции COVID-19, особенно в гериатрической популяции. Пациенты с сопутствующими заболеваниями, упомянутыми выше, имеют большую потребность в госпитализации в отделение интенсивной терапии, и уровень смертности также был повышен среди лиц с сопутствующей патологией. Этому способствовало несколько причин, в том числе воспалительная реакция, несоответствие между повышением потребления кислорода и гипоксическими состояниями, а также несбалансированное разрушение бляшек, вызванное изменениями кровотока.

Пациенты с сопутствующими сердечно-сосудистыми заболеваниями более склонны к инфекции SARS-CoV-2 и имеют более высокий уровень смертности вследствие обсуждаемого инфекционного заболевания [14]. Заражение SARS-CoV-2 может усугубить течение инфаркта миокарда и, в конечном итоге, привести к сердечной недостаточности [15]. Точный механизм, способствующий повреждению сердца у людей с COVID-19, неизвестен, но предполагается, что он связан с ACE-2 [16]. В исследованиях на мышах инфекция легких вызывала ACE-2-зависимые сердечные осложнения у субъектов с инфекцией SARS-CoV-2 [17].

В Торонто посмертный анализ пациентов с SARS-CoV-2 выявил наличие РНК коронавируса SARS в образцах сердца. Другие исследования показали, что сердечные осложнения, связанные с SARS-CoV-2, отличаются цитокиновым кризисом, вызванным дисбалансом ответов хелперных Т-клеток и внутриклеточной перегрузкой кальцием из-за гипоксии, что приводит к гибели кардиомиоцитов [18].

Исследование с участием 41 субъекта с COVID-19 в Ухане пришло к выводу, что у 12 % субъектов был повышен уровень тропонина (пороговое значение 28 пг/мл), что представляет собой одно из самых ранних поражений сердца, связанных с SARS-CoV-2. В более поздних исследованиях повреждение сердца, связанное с повышенной концентрацией тропонина, наблюдалось у нескольких госпитализированных пациентов с COVID-19, и 22–31 % были госпитализированы в ОИТ [19]. Миокардит также был связан с повышенной вирусной нагрузкой при мононуклеарной инвазии в образцах вскрытия пациентов с COVID-19 [20], на долю которых приходится 7 % смертельных исходов, связанных с COVID-19 [21].

У пациентов с COVID-19 повреждение сердца проявляется по-разному [6]. Патология возникает при недостатке снабжения кислородом кардиомиоцитов, что является одним из преобладающих клинических состояний, связанных с инфекцией SARS-CoV-2 [15]. При лихорадке и воспалении потребность различных органов в кислороде возрастает. Предположим, что инфекция локализована в легком, уровень стресса возрастает, влияя на газообмен, что приводит к резкому снижению снабжения сердечной мышцы кислородом. Поскольку вирус нацелен на сердце, у пациентов с COVID-19 наблюдается воспаление миокарда, а также у тех людей, которые ранее были здоровы и не имели СС3. Этот очень характерный для воспалительного пути механизм приводит к поражению сердечной мышцы, аритмии и СН [9]. Высокое системно-опосредованное воспаление увеличивает риск, как разрушения атеросклеротических бляшек, так и острого инфаркта миокарда (ОИМ). В исследовании Kwong et al. (2018) [22] вирусные инфекции были связаны с повышенным риском ОИМ в течение первых 7 дней после постановки диагноза заболевания, при этом коэффициент заболеваемости гриппом составлял 6,1, а коэффициент заболеваемости другими вирусами — 2,8.

Пациенты с COVID-19 подвержены более высокому риску ОИМ из-за значительных воспалительных реакций и гиперкоагуляции [23]. Терапия ОИМ у пациентов с COVID-19 остается нерешенной проблемой. В то время, как фибринолиз может рассматриваться у лиц с STEMI с COVID-19. В некоторых учреждениях чрезкожные коронарные вмешательства (ЧКВ) проводят чаще, и оно остается предпочтительной терапией при инфаркте миокарда с эливацией сегмента ST без включения правого желудочка или боковом ОИМ, в основном без гемодинамической нестабильности [24].

Острая СН проявляется у 23 % пациентов с COVID-19 на момент постановки диагноза, при этом кардиомиопатию диагностируют у 33 % людей [25]. Исследование Chengxin et al. (2020) [26] показало, что СН была обнаружена у 24 % обследованных и связана с повышенным уровнем летальности. Почти у половины пациентов с СН в анамнезе не было АГ или СС3. Неизвестно, является ли эта СН следствием зарождающейся кардиомиопатии или ухудшения ранее не обнаруженной сердечной недостаточности [6]. Также может возникнуть правосторонняя СН, особенно у людей с острым респираторным дистресс-синдромом и острым повреждением легких .

Остается не до конца изученным, является ли неконтролируемое повышение артериального давления (АД) или контролируемое артериальное давление у пациентов с гипертонией фактором риска заражения COVID-19 [2]. Результаты мета-анализа Lippi et al. (2020) [27] продемонстрировали в 2,5 раза больший риск летальности при COVID-19 с высоким АД, преимущественно у гериатрических пациентов. Во время инфекции рецептор ACE-2 опосредует проникновение вируса в легкие, и у пациентов с высоким кровяным давлением результаты более разрушительны, чем при других клинических состояниях. Такие препараты, как ингибиторы АПФ-2, назначались пациентам с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, включая застойную сердечную недостаточность и артериальную гипертензию. Вводимые лекарства приводят к гиперэкспрессии ACE-2, что приводит к повышенному риску разрушительного действия COVID-19. Fang et al. (2020) [28] предположили, что субъекты, получающие повышающие уровень АПФ-2 препараты от гипертонии, СД или СС3, имеют более высокий риск заражения SARS-CoV-2 и, следовательно, должны находиться под наблюдением на предмет наличия этих препаратов [29] . Напротив, данные, собранные несколькими кардиологическими обществами, поддерживают назначение ингибиторов АПФ при хронически повышенном артериальном давлении у госпитализированных пациентов с COVID-19 [30].

Таким образом, COVID-19 поразил более 224 стран, что привело к многочисленным летальным исходам. Было доказано, что люди с сопутствующими хроническими заболеваниями чаще заражаются SARS-CoV-2. Пациенты с COVID-19, у которых в анамнезе были сердечно-сосудистые заболевания имеют наихудший прогноз и с большей вероятностью имели осложнения обсуждаемой инфекционной патологии. Помимо воздействия на чрезмерные иммунные реакции, существует острая необходимость в разработке эффективной терапии для воздействия на проникновение SARS-CoV-2 и нарушение

регуляции RAS, KKS и ACE2. Крайне важно понять молекулярные пути и критически важные молекулы-мишени для разработки новых лекарств для лечения обсуждаемого заболевания. Актуальным остается разработка реабилитационных мер для пациентов, перенесших коронавирусною инфекцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ekpanyapong S., Bunchorntavakul C., Reddy KR. COVID-19 and the Liver: Lessons Learnt from the EAST and the WEST, A Year Later. //J Viral Hepat. 2022. — 29(1) — p. 4–20. doi: 10.1111/jvh.13590.
2. Malik A.J., Ahmed S., Shinde M., Almermesh MH.S., Alghamdi S., Hussain A., Anwar S. The Impact of COVID-19 On Comorbidities: A Review Of Recent Updates For Combating It. // Saudi J Biol Sci. 2022. — 29(5) — p.3586–3599. doi: 10.1016/j.sjbs.2022.02.006.
3. Malik J.A., Ahmed S., Mir A., Shinde M., Bender O., Alshammari F., Ansari M., Anwar S. The SARS-CoV-2 mutations versus vaccine effectiveness: New opportunities to new challenges. J. Infect. // Public Health. 2022. —15(2) — p.228–240.
4. Alzahrani M.A., Sadoma H.H.M., Mathew S., Alghamdi S., Malik J.A., Anwar S. Retrospective Analysis of Antimicrobial Susceptibility of Uropathogens Isolated from Pediatric Patients in Tertiary Hospital at Al-Baha Region, Saudi Arabia.// Healthc. 2021. — 9 — p.1564. https://doi.org/10.3390/HEALTHCARE9111564
5. Samavati L., Uhal B.D. ACE2, Much More Than Just a Receptor for SARS-COV-2. Front. Cell. Infect. // Microbiol. 2020. — p. 317. doi: 10.3389/FCIMB.2020.00317.
6. Böhm M., Frey N., Giannitsis E., Sliwa K., Zeiher A.M. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) and its implications for cardiovascular care: expert document from the German Cardiac Society and the World Heart Federation. Clin. Res. // Cardiol. 2020. —109(12) — p.1446–1459. doi: 10.1007/s00392-020-01656-3.
7. Badawi A., Ryoo S.G. Prevalence of comorbidities in the Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV): a systematic review and meta-analysis. Int. J. Infect. // Dis. 2016. — 49 — p. 129–133. doi: 10.1016/j.ijid.2016.06.015.
8. Li B.O., Yang J., Zhao F., Zhi L., Wang X., Liu L., Bi Z., Zhao Y. Prevalence and impact of cardiovascular metabolic diseases on COVID-19 in China. Clin. Res. // Cardiol. 2020. — 109(5) — p.531–538. doi: 10.1007/s00392-020-01626-9.
9. Soumya R.S., Unni T.G., Raghu K.G. Impact of COVID-19 on the Cardiovascular System: A Review of Available Reports. // Cardiovasc Drugs Ther. 2021. — 35(3) — p.411-425. doi: 10.1007/s10557-020-07073-y.
10. Samavati L., Uhal B.D. ACE2, Much More Than Just a Receptor for SARS-COV-2. Front. Cell. Infect. // Microbiol. 2020. — p.317. doi: 10.3389/FCIMB.2020.00317.
11. Farooqi T., Malik J.A., Mulla A.H., Al Hagbani T., Almansour K., Ubaid M.A., Alghamdi S., Anwar S. An overview of SARS-COV-2 epidemiology, mutant variants, vaccines, and management strategies. // J Infect Public Health. 2021. — 14(10) — p.1299–1312. doi: 10.1016/j.jiph.2021.08.014.
12. Groß S., Jahn C., Cushman S., Bär C., Thum T. SARS-CoV-2 receptor ACE2-dependent implications on the cardiovascular system: From basic science to clinical implications. J. Mol. Cell. // Cardiol. 2020. — 144 — p.47–53. doi: 10.1016/j.yjmcc.2020.04.031.
13. Shi S., Qin M., Shen B., Cai Y., Liu T., Yang F., Gong W., Liu X., Liang J., Zhao Q., Huang H., Yang B., Huang C. Association of Cardiac Injury With Mortality in Hospitalized Patients With COVID-19 in Wuhan. China. // JAMA Cardiol. 2020. — 5 — p.802–810. doi: 10.1001/JAMACARDIO.2020.0950.
14. Zhou F., Yu T., Du R., Fan G., Liu Y., Liu Z., Xiang J., Wang Y., Song B., Gu X., Guan L., Wei Y., Li H., Wu X., Xu J., Tu S., Zhang Y.i., Chen H., Cao B. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. // Lancet. 2020. — 395(10229) — p.1054–1062. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30566-3.
15. Nan J., Jin Y.B., Myo Y., Zhang G. Hypoxia in acute cardiac injury of coronavirus disease 2019: lesson learned from pathological studies. // J Geriatr Cardiol. 2020. — 17(4) — p. 221–223. doi: 10.11909/j.issn.1671-5411.2020.04.010.
16. Perrotta F., Matera M.G., Cazzola M., Bianco A. Severe respiratory SARS-CoV2 infection: Does ACE2 receptor matter? // Respir. Med. 2020. — 168 — p.105996.
17. Sun S.H., Chen Q., Gu H.J., Yang G., Wang Y.X., Huang X.Y., Liu S.S., Zhang N.N., Li X.F., Xiong R., Guo Y., Deng Y.Q., Huang W.J., Liu Q., Liu Q.M., Shen Y. L., Zhou Y., Yang X., Zhao T.Y., Fan C.F., Wang Y.C. A Mouse Model of SARS-CoV-2 Infection and Pathogenesis. // Elsevier public health emergency collection. 2020. — 28(1) — p.124–133. doi:https://dx.doi.org/10.1016%2Fj.chom.2020.05.020
18. Ejaz H., Alsrhani A., Zafar A., Javed H., Junaid K., Abdalla A.E., Abosalif K.O.A., Ahmed Z., Younas S. COVID-19 and comorbidities: Deleterious impact on infected patients. // J Infect Public Health. 2020. — 13(12) — p.1833–1839. doi: 10.1016/j.jiph.2020.07.014.
19. Sprockel J., Murcia A.L., Rincon J.M., Santofimio Z., Cardenas H.M., Hernandez D. and Parra J.E., 2021. High sensitivity troponin as a 60-day mortality marker in patients with COVID-19 in intensive care at a Latin American hospital. // European Heart Journal. 2021. –42 — p. 724–1525.
20. Long B., Brady W.J., Koyfman A., Gottlieb M. Cardiovascular complications in COVID-19. // Am. J. Emerg. Med. 2020. — 38(7) — p.1504–1507.
21. Ruan Q., Yang K., Wang W., Jiang L., Song J. Clinical predictors of mortality due to COVID-19 based on an analysis of data of 150 patients from Wuhan, China. // Intensive Care Med. 2020. — 46(5) — p.846–848.
22. Kwong J.C., Schwartz K.L., Campitelli M.A., Chung H., Crowcroft N.S., Karnauchow T., Katz K., Ko D.T., McGeer A.J., McNally D., Richardson D.C., Rosella L.C., Simor A., Smieja M., Zahariadis G., Gubbay J.B. Acute Myocardial Infarction after Laboratory-Confirmed Influenza Infection. N. // Engl. J. Med. 2018. — 378(4) — p.345–353.
23. Qureshi A.I., Baskett W.I., Huang W., Shyu D., Myers D., Raju M., Lobanova I., Suri M.F.K., Naqvi S.H., French B.R., Siddiq F., Gomez C.R., Shyu C.-R. Acute Ischemic Stroke and COVID-19: An Analysis of 27 676 Patients. // Stroke. 2021. — 52(3) — p.905–912. doi: 10.1161/STROKEAHA.120.031786.
24. Jain V., Gupta K., Bhatia K., Bansal A., Arora S., Khandelwal A.K., Rosenberg J.R., Levisay J.P., Tommaso C.L., Ricciardi M.J., Qamar A. Management of STEMI during the COVID-19 pandemic: Lessons learned in 2020 to prepare for 2021. // Trends Cardiovasc Med. 2021. — 31(3) — p.135–140. doi: 10.1016/j.tcm.2020.12.003.
25. Wu Z., McGoogan J.M. Characteristics of and Important Lessons from the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China: Summary of a Report of 72314 Cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. // JAMA. 2020. — 323(13) — p. 1239. doi: 10.1001/jama.2020.2648.
26. Chengxin Z., Zheng Wei, Huang Xiaoqiang, Bell Eric W., Zhou Xiaogen, Zhang Yang. Protein Structure and Sequence Reanalysis of 2019-nCoV Genome Refutes Snakes as Its Intermediate Host and the Unique Similarity between Its Spike Protein Insertions and HIV-1. J. // Proteome Res. 2020. — 19 — p.1351–1360. doi: 10.1021/ACS.JPROTEOME.0C00129.

27. Lippi G., Wong J., Henry B.M. Hypertension in patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19): A pooled analysis. Polish Arch. Intern. // Med. 2020. — 130 — p.304–309. doi: 10.20452/pamw.15272.
28. Fang L., Karakiulakis G., Roth M. Are patients with hypertension and diabetes mellitus at increased risk for COVID-19 infection? // Lancet Respir Med. 2020. — 8(4) — p.e21. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30116-8.
29. Li J., Fan J-G. Characteristics and mechanism of liver injury in 2019 coronavirus disease. // J Clin Transl Hepatol. 2020. — 8(1) — p.13–17.
30. Zhang B., Huang W., Zhang S. Clinical features and outcomes of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) patients with chronic hepatitis B virus infection. //Clin Gastroenterol Hepatol. 2020. — 18(11) — p.2633–2637.

© Бугаева Елена Игоревна (lenuss77@mail.ru); Жмеренецкий Константин Вячеславович (zhmerenetsky@list.ru);
Дьяченко Сергей Владимирович (strepto@rambler.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.05

ТИПЫ НАПРАВЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИНЪЕКЦИЙ В ПРЕДЕЛАХ КРЫЛОВИДНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ БЛОКАДЫ НИЖНЕГО АЛЬВЕОЛЯРНОГО НЕРВА

TYPES OF A GUIDE DEVICE FOR INJECTIONS WITHIN THE PTERYGOID-MANDIBULAR SPACE FOR BLOCKAGE OF THE INFERIOR ALVEOLAR NERVE

Yu. Vasiliev
H. Daraushe
E. Skvortsova
A. Efremova
K. Frolova
L. Zyulkina
A. Evtushenko
R. Moiseeva

Summary. A review of guiding devices or devices for determining the opening of the mandible as a target point for conducting conductive anesthesia has been carried out. The purpose of the study was to describe and substantiate the technique of blockade of the inferior alveolar nerve using various guiding devices from an anatomical and clinical point of view according to domestic and foreign literature, which will simplify the procedure and ensure greater success of anesthesia and faster training of its technique. A systematic search was carried out, including a computer search for certain keywords, a search for a list of references and a manual search. Relevant articles on navigational anesthesia of IANB (Alveolar Nerve Block) were evaluated and selected in 3 stages for final review based on 5 predefined criteria followed by a critical evaluation stage. As a result of the search, various types of IANB anesthesia guides and the results of the performed anesthesia were recorded and analyzed. The advantages and disadvantages of these methods of anesthesia, the percentage of success, and patient comfort are analyzed. Prospects for further research in this area are determined.

Keywords: anesthesia, inferior alveolar nerve block, anesthesia guide, pterygo-mandibular space, success.

Васильев Юрий Леонидович
доктор медицинских наук, профессор,
Институт клинической медицины
им. Н.В. Склифосовского, Первый МГМУ им. И.М. Сеченова
(Сеченовский университет);
эксперт терминологической комиссии НМОАГЭг. Москва
vasilev_yu_l@staff.sechenov.ru
Дарауше Хади Маджед Соуд
врач челюстно-лицевой хирург, врач-исследователь,
Институт клинической медицины
им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ
им. И. М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет) г. Москва
hadi.darawsheh@gmail.com
Скворцова Елена Николаевна
Ассистент, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный
университет», зам.декана по ВРиМП
Ефремова Анастасия Владимировна
старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Пензенский
государственный университет»
nastasya.efremova.87@list.ru
Фролова Кристина Евгеньевна
старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Пензенский
государственный университет»
kristina.frolova.1983@mail.ru
Зюлькина Лариса Алексеевна
доктор медицинских наук, доцент, декан факультета,
зав.кафедрой «Стоматология»,
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
stomatologfs@yandex.ru
Евтушенко Алена Игоревна
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
Моисеева Радмила Владимировна
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

Аннотация. Проведен обзор направляющих устройств и приспособлений для определения отверстия нижней челюсти как целевого пункта проведения проводникового обезболивания. Цель исследования состояла в описании и обосновании техники блокады нижнего альвеолярного нерва с помощью различных направляющих устройств с анатомической и клинической точек зрения по данным отечественной и зарубежной литературы, что позволит упростить проведение процедуры и обеспечит больший успех анестезии и более быстрое обучение техники ее проведения. Был проведен систематический поиск, включая компьютерный поиск по определенным ключевым словам, поиск по списку литературы и ручной поиск. Соответствующие статьи о навигационной анестезии IANB (блока альвеолярного нерва) были оценены и отобраны в 3 этапа для окончательного обзора на основе 5 заранее определенных критериев с последующим этапом критической оценки. В результате поиска регистрировались и анализировались

различные типы направляющих устройств для анестезии IANB и результаты выполненной анестезии. Проанализированы преимущества и недостатки данных методов анестезии, процент успеха, комфорт пациента. Определены перспективы дальнейших исследований в этой области.

Ключевые слова: анестезия, блокада нижнего альвеолярного нерва, направляющее устройство для анестезии, крыловидно-нижнечелюстное пространство, успешность.

Введение

Эффективное обезболивание в стоматологии может быть достигнуто с помощью методов местной анестезии. Успех анестезии в структурах нижней челюсти зависит от близости кончика иглы к отверстию нижней челюсти в момент инъекции анестетика в крыловидно-нижнечелюстную область. Отмечено, что основное направление обезболивания в стоматологии — карпульная технология, важной составляющей которой являются карпульные стоматологические шприцы и более новые компьютеризированные системы.

Именно поэтому, обзор направляющих устройств и приспособлений для определения отверстия нижней челюсти как целевого пункта проведения проводникового обезболивания, на сегодняшний день является актуальным. Рассмотрены примеры реализации таких устройств, а именно: устройств, в которых происходит фиксация шприца в момент, когда кончик иглы упирается в медиальную сторону ветви нижнего альвеолярного нерва. Рассмотрены исследования по конфигурации направляющих устройств, чтобы инъекционная игла в мягких тканях не изменяла траекторию, определяемую устройством. Отмечено, что при создании устройства такого типа необходимо учитывать следующие факторы: угол наклона иглы к точке ввода, положение точки ввода относительно анатомических ориентиров (с учётом индивидуальных особенностей) и глубину ввода.

Рассмотрены другие существующие методы навигационной блокады IANB: 3D-навигации по точному введению местного анестетика, которая может уменьшить дискомфорт пациента, риск повреждения нервов и риск неудачной анестезии нижней челюсти, альтернативная техника Tiol которая выполняется с помощью алюминиевой направляющей на анатомических ориентирах мягких тканей в крыловидно-нижнечелюстной связке.

С начала века все больше и больше пациентов уделяют внимание здоровью полости рта, а в частности — зубов [1, 2]. Однако у большинства пациентов сохраняется тревожность, а иногда и явно выраженный страх перед посещением врача–стоматолога. Это связано как с неприятными, болезненными ощущениями во время лечения, так и с болью при инъекции [3].

По данным J. Iwanaga et al. (2018) и P. Bhat et al. (2020) наиболее распространённым методом местного обезболивания на нижней челюсти, является проводниковая анестезия нижнего альвеолярного нерва (IANB) [4, 5]. В исследовании H. Rajbanshi et al. (2016) и M. Howait et al. (2019) показана высокая эффективность (85 %) этого метода, что является достаточным для проведения стоматологических манипуляций в комфортных для пациента условиях [6, 7]. Авторы указывают, что суть данной анестезии — четкое попадание в крыловидно-челюстного пространство [8, 9].

По данным Ю.Л. Васильева и соавт. (2017) известно, что основное направление обезболивания в стоматологии — карпульная технология, важной составляющей которых являются карпульные стоматологические шприцы и более новые компьютеризированные системы [10]. Причём, по данным T. Flanagan et al. (2007) страх перед анестезией и боль при ее проведении не зависят от размера иглы, но зависят, по данным K. Aggarwal et al. (2018) и A. Garret-Bernardin et al. (2017) от типа проводимой анестезии (компьютеризированной или мануальной) [11, 12, 13]. При компьютеризированном проведении проводниковой анестезии уровень тревожности пациентов, по данным S. Berrendero et al. (2020) и K. Baghlaf et al. (2018), ниже, чем при мануальной и пациенты охотнее выбирают клиники и врачей, использующих именно компьютеризированный вариант [15]. Однако, не всегда возможно проведение компьютеризированной анестезии из-за высокой цены оборудования и необходимости обучающего курса для использования его в клинической практике. Наиболее объективным способом является определение точки инъекции с учётом топографо-анатомических особенностей пациента с учетом его индивидуальных особенностей [16, 17, 18]. Так, для IANB описаны внутриротовые ориентиры, которые могут варьироваться в зависимости от индивидуальной морфологии. Точка инъекции находится в центре перевернутого треугольника на слизистой оболочке, образованного выступом переднего края ветви нижнего альвеолярного нерва (снаружи) и медиальной частью крыловидной мышцы (внутри) [4].

Существует ряд нежелательных явлений, местных и общих осложнений при проведении блокады нижнего альвеолярного нерва. К примеру, при введении иглы медиальнее крыловидно-нижнечелюстной складки воз-

можно распространение раствора анестетика на ткани ротоглотки и повреждение внутренней крыловидной мышцы с последующим развитием контрактуры нижней челюсти [19, 20].Опасность этого осложнения возрастает при внедрении иглы в сухожилие мышц при проведении так называемой «торусальной» анестезии. При введении иглы в крыловидно-нижнечелюстную складку или в латеральный ее край возможны повреждение сосудов и возникновение кровоизлияния, иногда образование гематомы, попадание анестетика в кровяное русло, появление зон ишемии на коже нижней губы и подбородка. Чаще всего наблюдается аллодиния, длительная анестезия, парестезия и дизестезия [22, 23].

В связи с этим встает вопрос о точности определения точки инъекции и, следовательно, необходимости устройства или приспособления для ее определения [16, 17].

Целью дальнейших исследований N. Caillieux et al. (2016) и N. Caillieux (2017) было создание ангулятора для блокады нижнего альвеолярного нерва: проведённый авторами анализ 40 КТ снимков позволил им определить наиболее подходящую под результаты конфигурацию направляющего устройства [24]. В зависимости от индивидуальных морфологических характеристик точка проекции устройства располагалась на медиальной поверхности ветви нижнего альвеолярного отростка на расстоянии от 7,00 мм до 14,00 мм кпереди от заднего края ветви [24].

Касательно детской стоматологии необходимо отметить работу H. R. Shukla и A. Tiku (2018) по определению точки инъекции у детей 3–13 лет: в данном исследовании был проведен цифровой анализ слепков 180 пациентов с ориентиром в виде окклюзионной плоскости (ОП) [25]. Так у детей 3–4 лет точка инъекции должна быть ниже ОП на приблизительно 1,26 мм, почти на уровне ОП у детей 5–7 лет (на 0,33 мм ниже таковой), выше ОП у детей 7–9 лет на 1,54 мм, 9–12 лет на 1,64 мм, 11–12 лет на 1,98 мм и 12–13 лет на 2,9 мм) [25]. Недостатком данного метода является слабая достоверность, связанная с малой выборкой, а также отсутствует исследований морфологического характера, которые позволили бы повысить точность технологии.

Большое значение в определении точки по топографо-анатомическим ориентирам играет угол, под которым производится инъекция. В зависимости от формы зубных дуг, ориентации и длины ветви нижней челюсти, допускается его вариация [26, 27].

В исследовании J. Iwanaga et al. (2018), был определён угол, оптимальный для инъекции без использования направляющего устройства — на основе анализа КТ снимков, он составил 60,1±7,1° от медианы при положении шприца на контралатеральном первом моляре нижней челюсти [28].

В своей работе С.А. Рабинович, О.Н. Московец (2004) приводят данные об эффективности различных способов проводникового обезболивания, чья эффективность без использования навигационных систем значительно превышает указанный N. Caillieux результат [29]. При этом, на обширном фактическом материале и при использовании различных местных анестетиков показано, что эффективность блокады по методу Гоу-Гейтса колеблется от 91 до 95 % [29].

Следует отметить, что при создании устройства такого типа, основываясь на предыдущих исследованиях и существующих моделях, необходимо учитывать следующие факторы: угол наклона иглы к точке инъекции, положение точки инъекции относительно анатомических ориентиров (с учётом индивидуальных особенностей) и глубина инъекции. По данным S.F. Malamed, глубина погружения должна быть в диапазоне 7–20 мм и не более 25 мм, что не было должным образом уточнено при создании предыдущих моделей [30].

В работе J.S. Jundt et al. (2020) используются данные компьютерной томографии (КТ) для 3D-навигации по повторяемому и точному введению местного анестетика для блокады нижнего альвеолярного нерва [31]. 3D-навигация может уменьшить дискомфорт пациента, риск повреждения нервов и риск неудачной анестезии нижней челюсти, а также снизить общую дозу анестетика. Наконец, по мере совершенствования роботизированных вмешательств метод обеспечит начальную основу для проведения регионарной анестезии под управлением роботов в полости рта. Однако, данная методика может подвергать пациента излишней лучевой нагрузке, что делает технологию менее удобной и безопасной при прочих равных условиях [31].

Авторы работы отмечают, что данная методика позволяет точно разместить кончик иглы в трёх измерениях на основе ориентиров твёрдых тканей и жёсткой направляющей для позиционирования иглы [31]. Этот метод введения анестетика для достижения блокады может помочь минимизировать дозу анестетика и адреналина у кардиологических пациентов. Кроме того, уменьшение общего объёма может снизить риск непреднамеренного распространения анестетика, что вызывало такие осложнения, как офтальмоплегия или нарушение зрения [31].

Существуют как ротационные (Anesto, QuickSleeper, Sleeper One,X-Tip), так и не ротационные (Wand, S.T.A., DentaPen и другие) системы [34]. Для выполнения проводникового обезболивания ротационные системы не подходят, т.к. их фокус направлен на транскортикальное введение с перфорацией кортикальной пластинки.

Неротационные инъекторы, такие, как Wand и STA имеют собственную капельную систему и для них необходимо будет создавать отдельный навигатор, рабочая часть которого будет соответствовать наконечнику шприца. При этом наиболее оптимальными являются шприцы типа пистолета, к которым относится DentaPen и Anaject. При этом внешний диаметр контейнера карпулы подобен металлическому карпульному шприцу. В работе были проанализированы данные 116 участников при анестезии с помощью электронного шприца Dentapen. Воспринимаемая боль при анестезии в режиме нарастания (среднее значение = 51,98, стандартное отклонение = 30,04) была меньше, чем в непрерывном режиме (среднее значение = 59,98, стандартное отклонение = 36,28). Клинически ощущаемая боль в режиме нарастания находилась в умеренном диапазоне (по визуально-аналоговой шкале ВАШ <54 мм), тогда как средняя воспринимаемая боль в непрерывном режиме находилась в диапазоне умеренной/сильной (по шкале ВАШ > 54 мм) [33].

Еще один тип направляющего устройства для инъекций в пределах крыловидно-нижнечелюстного пространства для блокады нижнего альвеолярного нерва — анестезия, описанная Tiol: это альтернативная техника, которая выполняется с помощью алюминиевой направляющей, с помощью которой ищут правильное место прокола, основанное на анатомических ориентирах мягких тканей в крыловидно-нижнечелюстной связке [34].

Tiol Guide — это плоский алюминиевый стержень, который имеет несколько изгибов, которые легко прилегают к мягким тканям и позволяет врачу-стоматологу удобно держать его в руке. Имеет на рабочем конце бороздку, которая контактирует с вогнутой частью крыловидно-нижнечелюстной связки. После того, как направляющая правильно установлена, игла инъекционного шприца вставляется в указанную прорезь [34].

Этот метод анестезии основан на расположении следующих ориентиров: крыловидно-нижнечелюстной связки, которая берёт начало от крыловидного отростка клиновидной кости, ретромолярного слизистого участка — небольшого треугольного участка, расположенного кзади от последнего моляра, контралатеральной губной комиссуры. Расстояние между стержнем и внутренней косой линией зависит от возраста.

Преимущество Tiol Guide — высокий процент успеха 94 %, неизменность анатомических ориентиров, повышенный комфорт пациента, поскольку игла не движется во время инфильтрации. Отличия и явные недостатки этой техники состоят в ориентировании на мягкотканые анатомические области, а также использование материла, склонного к высокой деформации.

Выводы

Этот систематический обзор показал, что применение направляющих устройств было эффективным для анестезии IANB. Применение направляющих устройств анестезии может помочь избежать аллодинии, длительной анестезии, парестезии и дизестезии. Также было показано, что не существует единого мнения по критериям оценки достоинств и недостатков отдельных направляющих устройств и приспособлений, поэтому рекомендуется их дальнейшее развитие. Также не было рандомизированных контролируемых испытаний для сравнения успешности анестезии с применением направляющих устройств, приспособлений и традиционных методов (например метода Холстеда, Гоу Гейтс) при лечении стоматологических пациентов.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи

Финансирование: авторы заявляют о финансировании проведенного исследования из собственных средств.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования — ВЮА, ДХМ,

Сбор и обработка материала — ВЮА, ДХМ,

Написание текста — ВЮА, ДХМ, ЕАВ, ЗЛА, ЕАИ, ФКЕ, СЕН, МРВ

Редактирование — ВЮА, ДХМ, ЕАВ, ЗЛА

ЛИТЕРАТУРА

1. Ibrahim H., Lyons K.M., Armfield J.M., Thomson W.M. Performance of the Index of Dental Anxiety and Fear in a population based sample of adults. Australian dental journal. 2017; 62(4):478–484. doi: 10.1111/adj.12541.
2. Yuan S., Freeman R., Hill K., Newton T., Humphris G. Communication, Trust and Dental Anxiety: A Person-Centred Approach for Dental Attendance Behaviours. Dent J (Basel). 2020 13;8(4):118. doi: 10.3390 / dj8040118.
3. Ушницкий И.Д., Чахов А.А., Винокуров М.М., Юркевич А.В., Саввина И.Л., Никитин Я.Г. Современная концепция патофизиологических механизмов болевого синдрома и психоэмоционального напряжения и их профилактика на стоматологическом приеме. Стоматология. 2018; 97(6):67–71. DOI: 10.17116/stomat20189706167 [Ushnitskiy I.D., Chakhov A.A., Vinokurov M.M., Yurkevich A.V., Savvina I.L., Nikitin Ya.G. Modern concept of pathophysiological mechanisms of pain syndrome and psychoemotional stress and their prevention at a dental appointment. Stomatology. 2018; 97(6):67-71 DOI: 10.17116/stomat20189706167 (In Russ.)]

4. Iwanaga J., Choi P. J., Vetter M., Patel M., Kikuta S., Oskouian R. J., Tubbs R. S. Anatomical study of the lingual nerve and inferior alveolar nerve in the pterygomandibular space: complications of the inferior alveolar nerve block. Cureus. 2018;10(8):2–10. doi: 10.7759/cureus.3109.
5. Bhat P., Chanu H.T., Radhakrishna S., Kumar K.A., Marimallappa T.R., Ravikumar R. Comparison of Clinical Efficacy of Classical Inferior Alveolar Nerve Block and Vazirani–Akinosi Technique in Bilateral Mandibular Premolar Teeth Removal: A Split-Mouth Randomized Study. Journal of Maxillofacial and Oral Surgery. 2020;21(1):1-12. doi: 10.1007/s12663-020-01374-3.
6. Rajbanshi H., Ernest S., Effendi H., Afridi S., Chhabra M., Kaur N. Failure of inferior alveolar nerve block (ianb) and techniques to avoid it. European Journal of Biomedical. 2016; 3(9):207–210.
7. Howait M., Basunbul G.I. Prevalence of Failed Inferior Alveolar Nerve Block (IANB) in Achieving Pulpal Anaesthesia in Mandibular Molars with Symptomatic Irreversible Pulpitis. Egyptian Dental Journal. 2019;65:771–776. DOI:10.21608/edj.2019.72859
8. Khoury J., Mihailidis S., Ghabriel M., Townsend G. Applied anatomy of the pterygomandibular space: improving the success of inferior alveolar nerve blocks. Aust Dent J. 2011;56(2):112–121. doi: 10.1111/j.1834–7819.2011.01312.x.
9. Lee C., Yang H. Alternative techniques for failure of conventional inferior alveolar nerve block. Journal of dental anesthesia and pain medicine. 2019; 19(3):125-134. doi: 10.17245 /jdapm.2019.19.3.125.
10. Васильев Ю.Л., Салеева, Г.Т., Салеев Р.А., Миранов М.Я. Оценка информированности пациентов об особенностях инъекционных систем в стоматологии. Медицинский алфавит. 2017;4(36):43–46. [Vasilyev Y.L., Saleev R.A., Saleeva G.T., Miranov M.Y. Assessment of patient awareness of injection systems' features in dentistry. Medical alphabet. 2017; 4(36):43–46. (In Russ.)]
11. Flanagan T., Wahl M.J., Schmitt M.M., Wahl J.A. Size doesn't matter: needle gauge and injection pain. Gen Dent. 2007 May-Jun; 55(3):216-7.
12. Aggarwal K., Lamba A.K., Faraz F., Tandon S., Makker K. Comparison of anxiety and pain perceived with conventional and computerized local anesthesia delivery systems for different stages of anesthesia delivery in maxillary and mandibular nerve blocks. J Dent Anesth Pain Med. 2018; 18(6):367-373. doi: 10.17245/jdapm.2018.18.6.367.
13. Garret-Bernardin A., Cantile T., D'Antò V., Galanakis A., Fauxpoint G., Ferrazzano G.F., De Rosa S., Vallogini G., Romeo U., Galeotti A. Pain Experience and Behavior Management in Pediatric Dentistry: A Comparison between Traditional Local Anesthesia and the Wand Computerized Delivery System. Pain Res Manag. 2017;2017:38. doi: 10.1155/2017/7941238
14. Berrendero S., Hriptulova O., Salido M.P., Martínez-Rus F., Pradíes G. Comparative study of conventional anesthesia technique versus computerized system anesthesia: a randomized clinical trial. Clin Oral Investig. 2021;25(4):2307–2315. doi: 10.1007/s00784-020-03553-5.
15. Baghlaf K., Elashiry E., Alamoudi N. Computerized intraligamental anesthesia in children: A review of clinical considerations. J Dent Anesth Pain Med. 2018;18(4):197-204. doi: 10.17245/jdapm.2018.18.4.197.
16. Farhangkhoee H., Lalonde J., Lalonde D.H. Teaching medical students and residents how to inject local anesthesia almost painlessly. Can J Plast Surg. 2012; 20(3):169–72. doi: 10.1177/229255031202000315.
17. Renton T., Adey-Viscuso D., Meechan J.G., Yilmaz Z. Trigeminal nerve injuries in relation to the local anaesthesia in mandibular injections. Br Dent J. 2010; 209(9):15. doi: 10.1038/sj.bdj.2010.978.
18. Петрикас А.Ж., Честных Е.В., Куликова К.В., Ларичкин И.О. Топографо-анатомическое обоснование проводниковых анестезий при блокаде нижнего альвеолярного нерва. Тверской медицинский журнал. 2020;3:69–78. [Petrikas A.Zh., Chestnykh E.V., Kulikova K.V., Larichkin I.O. Topographic and anatomical substantiation of conduction anesthesia in inferior alveolar nerve blockade. Tverskoy Medical Journal. 2020; 3:69–78. (In Russ.)]
19. Кузин А.В., Семкин В.А., Дыдыкин С.С. Анатомическое обоснование особенностей обезболивания при лечении зубов нижней челюсти. Стоматология. 2015;94(4):35-38. [Kuzin A.V., Semkin V.A., Dydykin S.S. Anatomical substantiation of the peculiarities of anesthesia in the treatment of the teeth of the lower jaw. Stomatology. 2015; 94(4):35–38. (In Russ.)].
20. Рабинович С.А., Васильев Ю.Л., Кузин А.Н. Анатомическое обоснование клинической эффективности проводниковой анестезии внутрикостной части подбородочного нерва. Стоматология. 2018;97(2):41–43. DOI: 10.17116/stomat201897241-43 [Rabinovich S.A., Vasiliev Yu. L., Kuzin A.N. Anatomical substantiation of the clinical efficacy of conduction anesthesia of the intraosseous part of the mental nerve. Stomatology. 2018;97(2):41-43. DOI: 10.17116/stomat201897241-43 (In Russ.)].
21. Alhindi M., Rashed B., Alotaibi N. Failure rate of inferior alveolar nerve block among dental students and interns. Saudi Med J. 2016;37(1):84-9. doi: 10.15537/smj.2016.1.13278.
22. Ahmad M. The anatomical nature of dental paresthesia: a quick review. The open dentistry journals. 2018;(12):155-160. doi: 10.2174/1874210601812010155.
23. Tzermpos F.H., Cocos A., Kleftogiannis M., Zarakas M., Iatrou I. Transient delayed facial nerve palsy after inferior alveolar nerve block anesthesia. Anesth Prog. 2012; 59(1):22–7. doi: 10.2344/11-03.1.
24. Caillieux N., Rousset P., Vidaud C., Robert C., Arreto C., Mahler P., Tager F., Tilotta F. Utilisation dun angulateur pour analgésie au foramen mandibulaire. Étude préliminaire comparative avec une technique «à main levée» Rev. Odont. Stomat. 2016;45:107–116.
25. Shukla R.H., Tiku A. Correlation of Mandibular Foramen to Occlusal Plane as a Clinical Guide for Inferior Alveolar Nerve Block in Children: A Digital Panoramic Radiographic Study. Contemp Clin Dent. 2018; 9(3):372-375. doi: 10.4103 /ccd.ccd_73_18.
26. Lo L.J., Wong F.H., Chen Y.R. The position of the inferior alveolar nerve at the mandibular angle: an anatomic consideration for aesthetic mandibular angle reduction. Ann Plast Surg. 2004;53(1):50-5. doi: 10.1097/01.sap.0000112282.94585.44.
27. Kim S.M., Lee J.H. Inferior alveolar nerve cutting; legal liability versus desired patient outcomes. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg. 2017;43(5):318-323. doi: 10.5125/jkaoms.2017.43.5.318.
28. Iwanaga J., Choi P.J., Vetter M., Patel M., Kikuta S., Oskouian R. J., Tubbs, R.S. Anatomical study of the lingual nerve and inferior alveolar nerve in the pterygomandibular space: complications of the inferior alveolar nerve block. Cureus. 2018;10(8). doi: 10.7759/cureus.3109.

29. Рабинович С.А., Московец О.Н. Современные технологии местного обезболивания в стоматологии. Боль. 2004;(4):3–10. [Rabinovich S.A., Moskovets O.N. Modern technologies of local anesthesia in dentistry. Pain. 2004;(4):3–10.(In Russ.)]
30. Malamed S.F. Handbook of local anesthesia: Part 2. 4th ed. St. Louis: CV Mosby; 1997, 327 p.
31. Jundt J.S., Chow C.C., Couey M. Computed tomography-guided 3D printed patient-specific regional anesthesia. Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine. 2020; 20(5):325. doi: 10.17245 / jdapm.2020.20.5.325.
32. Smaïl-Faugeron V., Muller-Bolla M., Sixou J.L., Courson F. Evaluation of intraosseous computerized injection system (QuickSleeper™) vs conventional infiltration anaesthesia in paediatric oral health care: A multicentre, single-blind, combined split-mouth and parallel-arm randomized controlled trial. Int J Paediatr Dent. 2019;29(5):573–584. doi: 10.1111/ipd.12494.
33. Partido B.B., Nusstein J.M., Miller K., Lally M. Maxillary Lateral Incisor Injection Pain Using the Dentapen Electronic Syringe. Journal of Endodontics. 2020; 46 (11): 1592–1596. doi: 10.1016/j.joen.2020.07.029.
34. AcunaNarva S. J., Mendoza Villacorta L. H. Efectividadanestesica entre la tecnica de tiol y rectilineaenelnerviodentario inferior de pacientespediatricos de la clinicaestomatologica de la upagu. Cajamarca. Peru. 2020. URL: http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/1204 (дата обращения 26.01.2023).

© Васильев Юрий Леонидович (vasilev_yu_l@staff.sechenov.ru); Дарауше Хади Маджед Соуд (hadi.darawsheh@gmail.com);
Скворцова Елена Николаевна; Ефремова Анастасия Владимировна (nastasya.efremova.87@list.ru);
Фролова Кристина Евгеньевна (kristina.frolova.1983@mail.ru); Зюлькина Лариса Алексеевна (stomatologfs@yandex.ru);
Евтушенко Алена Игоревна; Моисеева Радмила Владимировна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.08

АНАЛИЗ КАРТ ВЫЗОВОВ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ К ПАЦИЕНТАМ С ДИАГНОЗОМ ВИРУСНАЯ ПНЕВМОНИЯ, АССОЦИИРОВАННАЯ С НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ

ANALYSIS OF EMERGENCY CALL CARDS FOR PATIENTS DIAGNOSED WITH VIRAL PNEUMONIA ASSOCIATED WITH A NEW CORONAVIRUS INFECTION

S. Voropaeva
B. Sklyarov
A. Proskurikova
V. Molchanov
B. Pavlov

Summary: Community-acquired pneumonia of viral etiology are dangerous diseases, they account for about 5-15% of all cases of community-acquired pneumonia. Attention to viral pneumonia has increased due to the current situation in the world associated with a new coronavirus infection, the danger of which is that it causes a number of serious complications. This article analyzes 2811 emergency medical calls (SMP) to patients with symptoms of viral pneumonia associated with a new coronavirus infection in the city of Tambov. SMP call cards were grouped according to the following criteria: age, gender, degree of lung damage by CT, oxygenation indicators, established diagnosis of viral pneumonia, hospitalization of patients in the Tambov Regional Infectious Diseases Hospital.

Keywords: viral pneumonia, coronavirus infection, computed tomography, emergency medical care, COVID-19, saturation, complications.

Воропаева Светлана Валерьевна
Кандидат медицинских наук, доцент, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина
vrpaevas@rambler.ru
Скляров Богдан Александрович
Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина
b.sklyarov@mail.ru
Проскурякова Анастасия Александровна
Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина
8pro08@mail.ru
Молчанов Владимир Алексеевич
Старший фельдшер, ГБУЗ «Тамбовская областная станция скорой медицинской помощи и медицины катастроф»
molchanovssmp@mail.ru
Павлов Богдан Владимирович
Ассистент, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина
DewolIS@yandex.ru

Аннотация. Внебольничные пневмонии вирусной этиологии являются опасными заболеваниями, на их долю приходится около 5–15 % всех случаев внебольничных пневмоний. Внимание к вирусным пневмониям возросло в связи со сложившейся ситуацией в мире, связанной с новой коронавирусной инфекцией, вызывающей ряд серьезных жизнеугрожающих осложнений. В данной статье проанализированы 2811 вызовов скорой медицинской помощи (СМП) к пациентам с симптомами вирусной пневмонии, ассоциированной с новой коронавирусной инфекцией, в городе Тамбове за период с апреля 2020 года по апрель 2021 года. Карты вызовов СМП группировались по следующим критериям: возраст, пол, степень поражения лёгких по данным компьютерной томографии легких, с учетом показателей оксигенации, установленного диагноза вирусная пневмония. Госпитализация пациентов средней и тяжелой степени проводилась в Тамбовскую областную инфекционную больницу.

Ключевые слова: вирусная пневмония, коронавирусная инфекция, компьютерная томография, скорая медицинская помощь, COVID-19, сатурация, осложнения.

Введение

Вирусные пневмонии являются значимой причиной заболеваемости и смертности во всем мире, на их долю приходится около 5–15 % случаев внебольничных пневмоний [4, с. 34]. Интерес к вирусным пневмониям возрос в связи со сложившейся ситуацией в мире, обусловленной новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) [2, с. 70]. Исследования, посвящённые изучению новых штаммов коронавирусов, проводятся учеными по всему миру по настоящее время [7, с. 103; 3, с. 141]. В декабре 2019 года возникла одна из самых сложных для мирового сообщества пандемия. Наиболее распространенными симптомами, выявляемых у людей,

заболевших вирусной пневмонией, ассоциированной с COVID-19, являются лихорадка, одышка и кашель. Однако могут возникать и другие атипичные симптомы, такие как: боль в горле, диарея, аносмия (отсутствие обоняния) или гипосмия (снижение обоняния), миалгия и утомляемость [12]. Опасность инфекции состоит в том, что, в результате повышенной склонности к тромбообразованию, развивается ряд серьезных осложнений, наиболее частыми из которых является двусторонняя вирусная пневмония, а у 20 % заболевших развивается респираторный дистресс-синдром с высокой летальностью [8, с. 63]. Так же COVID-19 приводит к поражению мышцы сердца, инфарктам, нарушению ритма сердца, развитию сердечной недостаточности [5, с. 10].

В период пандемии COVID-19 медицинские организации перестроили свою работу в соответствии с приказом Минздрава РФ № 198н от 19.03.20 «О временном порядке организации работы медицинских организаций в целях реализации мер по профилактике и снижению рисков распространения новой коронавирусной инфекции COVID19», перепрофилированы терапевтические отделения [1]. Первый зарегистрированный случай вирусной пневмонии, ассоциированная с новой коронавирусной инфекцией в Тамбове, был зафиксирован в апреле 2020 года. Одними из первых медицинских работников, столкнувшихся с пандемией, стали сотрудники скорой медицинской помощи. Сотрудники СМП оказывали неотложную и экстренную помощь пациентам с подозрением или уже с подтверждённым диагнозом вирусная пневмония, ассоциированная с новой коронавирусной инфекцией, с момента обращения, что улучшало дальнейший прогноз заболевания. Так же сотрудники СМП выполняли транспортировку пациентов в профильные учреждения города Тамбов и Тамбовской области, где в результате проведения диагностики, в том числе компьютерной томографии органов грудной клетки и ПЦР-теста на РНК SARS-CoV-2, принималось решение о дальнейшей госпитализации и выбиралась тактика лечения в соответствии с временными рекомендациями по лечению новой коронавирусной инфекции. Основой диагностики инфекции SARS-CoV-2 в настоящее время является полимеразная цепная реакция (ПЦР) с обратной транскриптазой (ОТ-ПЦР) в режиме реального времени [9; 6]. Оценка объема поражения легких по результатам компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки проводилась согласно рекомендациям Минздрава России, на основании ключевого признака вирусной пневмонии, ассоциированной с COVID-19: двустороннее полисегментарное поражение легких в виде субплевральных и перибронхиальных фокусов по типу «матового стекла» [6; 11, с. 501; 15, с. 1240; 14, с. 212; 13, с. 430].

Бригады СМП проводят не только предварительную диагностику и стабилизируют состояние пациента, но и принимают решение о необходимости дальнейшей госпитализации пациента по профилю заболевания, с учетом особенностей транспортировки инфекционных больных [10]. СМП — служба экстренного реагирования, от правильно построенной работы которой во многом зависит исход заболевания, поэтому актуален регулярный анализ данных карт вызовов к пациентам. Полученные результаты позволят скорректировать логистику оказания скорой медицинской помощи, улучшить качество оказания скорой медицинской помощи, сократить сроки госпитализации, улучшить прогноз заболевания, и, как следствие, увеличить продолжительность жизни населения.

Цель исследования

Проанализировать данные карт вызовов скорой медицинской помощи к пациентам с диагнозом вирусная пневмония, ассоциированная с новой коронавирусной инфекцией, в городе Тамбове за период с апрель 2020 по апрель 2021 года.

Материалы и методы

В исследовании проведён анализ данных карт вызовов скорой медицинской помощи к пациентам с диагнозом вирусная пневмония ассоциированная с новой коронавирусной инфекцией в городе Тамбове за период с апреля 2020 года по апрель 2021 года. Выделены 4 группы: 1 группа — от 0 до 18 лет (45 человек), 2 группа — от 19 до 35 лет (524 человека), 3 группа — от 36 до 60 лет (954 человека), 4 группа — от 61 года и старше (1288 человек). Для оценки КТ ОГК использовались временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» Версия 10 (08.02.2021).

Результаты исследования и их обсуждение

Общее количество карт составило 2811. Карты группировались по нескольким критериям. Согласно возрасту пациентов было сформировано 4 группы.

За период с апреля 2020 года по апрель 2021 года бригадами СМП осуществлено 2811 вызовов СМП к пациентам с симптомами новой коронавирусной инфекцией. За указанный период наблюдалась возрастающая динамика количества вызовов с зафиксированным максимумом в декабре 2020 года и январе 2021 года, по сути, нагрузка на бригады СП увеличилась более, чем в 3 раза. (Рисунок 1).

Согласно проанализированным картам, большинство вызовов СПМ осуществленно к пациентам женского пола — 1684 (59,66%), тогда как больным мужского пола помощь потребовалась в 1127 случаях (40,34%) (Рисунок 2).

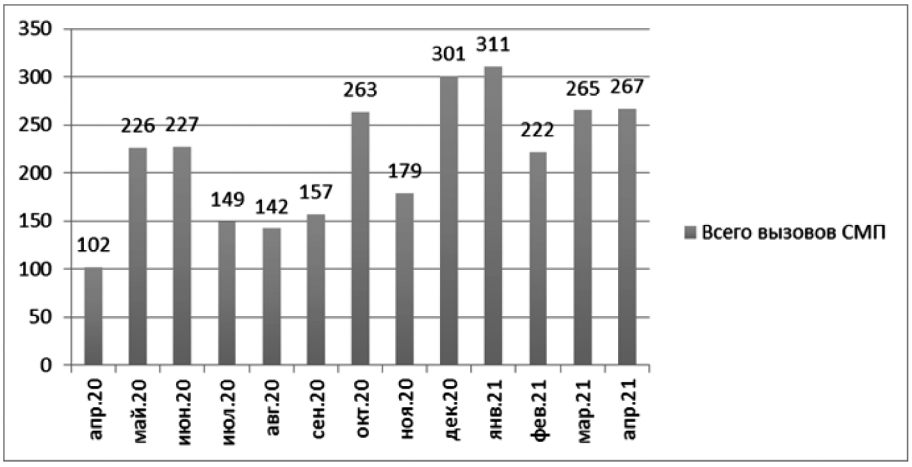


Рис. 1. Количество вызовов скорой медицинской помощи

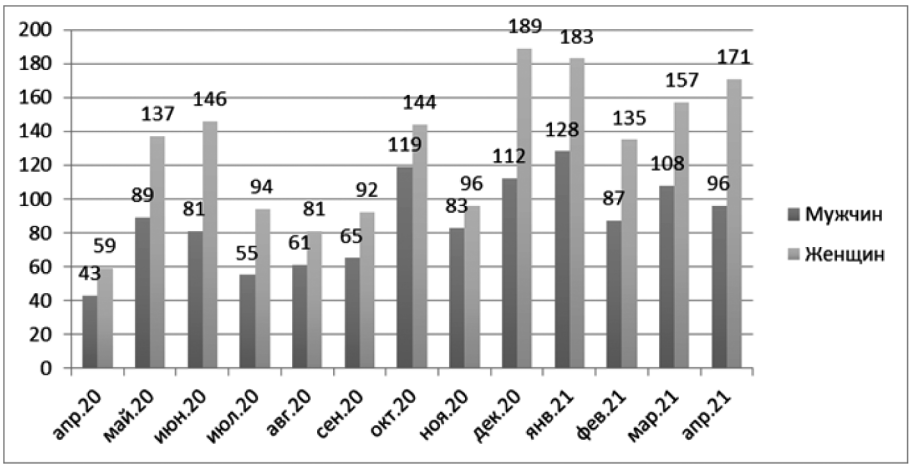


Рис. 2. Распределение вызовов по половой принадлежности пациентов

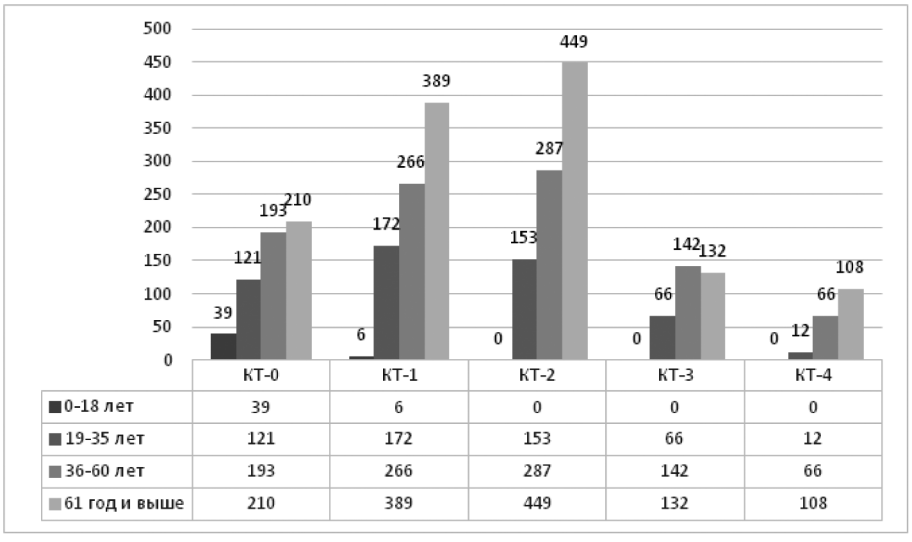
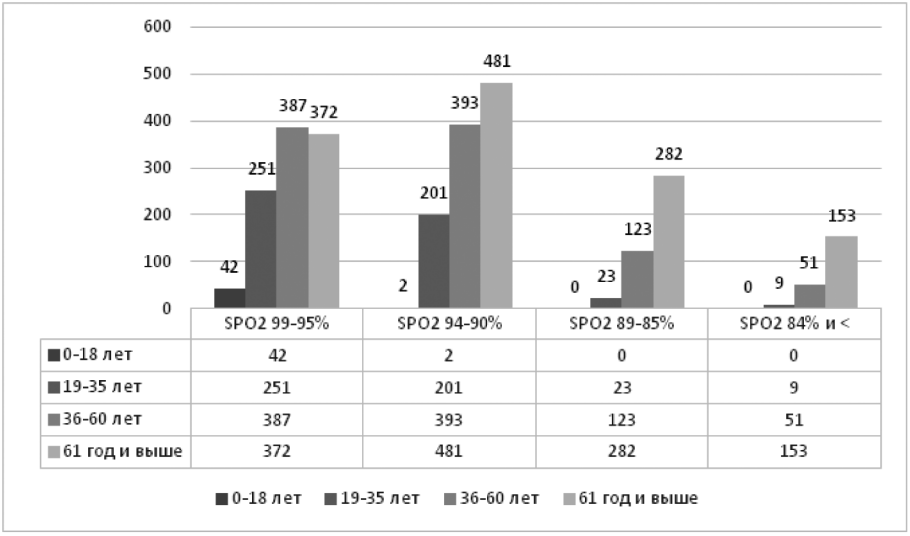


Рис. 3. Распределение пациентов по степени поражения лёгких по результатам КТ ОГК

За исследованный период чаще всего у пациентов регистрировалась степень поражения лёгких КТ-1 и КТ-2. КТ-1 отмечалась в 1,5 раза чаще чем КТ-0 у всех возрастных групп. КТ-3 и КТ-4 регистрировалась меньше в 1,3 раза чем КТ-2. КТ-2, КТ-3 и КТ-4 не отмечалась у лиц возрастной группы от 0 до 18 лет (Рисунок 3).

Представленные показатели SPO2 в диапазоне 99-95 и 94–90 % не имели разницы от общего количества. Количество пациентов с оксигенацией в диапазоне SPO2 89-85% в 0,5 раза ниже, чем в диапазоне 99–95 %. SPO2 84 % и менее в 0,25 раз ниже чем с 99–95 % (Рисунок 4).



	SPO2 99-95%	SPO2 94-90%	SPO2 89-85%	SPO2 84% и <
0-18 лет	42	2	0	0
19-35 лет	251	201	23	9
36-60 лет	387	393	123	51
61 год и выше	372	481	282	153

Рис. 4. Распределение пациентов по показателю насыщения кислорода крови

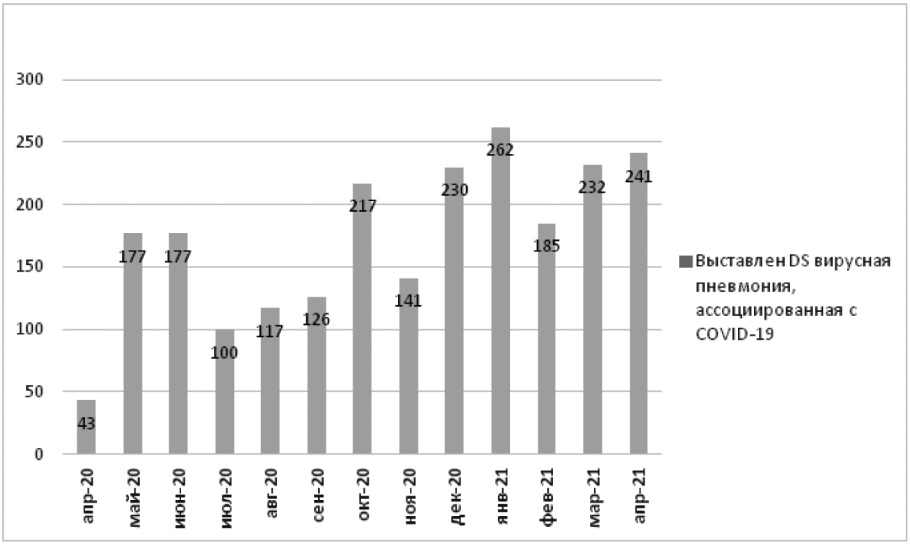


Рис. 5. Количество пациентов с подтвержденным диагнозом вирусная пневмония, ассоциированная с новой коронавирусной инфекцией

За исследуемый период диагноз вирусная пневмония, ассоциированная с новой коронавирусной инфекцией, поставлен 2248 пациентам, к которым осуществлялся выезд, что составляет 79,97 % от количества всех вызовов СПМ. Количество пациентов с подтверждённым диагнозом вирусная пневмония, ассоциированная с COVID-19, возрастало с течением времени, а наибольшее количество поставленных диагнозов зафиксировано в январе 2021 года — в 261 случаях, что в 6 раз выше, чем вначале эпидемии (Рисунок 5). Соответственно, пропорционально возрастала нагрузка на все звенья медицинских работников, оказывающих помощь больным с новой коронавирусной инфекцией.

Согласно маршрутизации, по г. Тамбову госпитализация больных с коронавирусной пневмонией средней и тяжелой степени, КТ 3-4 и SpO2 ниже 90 % проводилась в Тамбовскую инфекционную клиническую больницу (ТИКБ). Бригадами СМП за исследуемый период по подозрению на вирусную пневмонию госпитализировано в ТИКБ 1042 пациента, оставлено на амбулаторном лечении — 927 пациентов (Рисунок 6).

Количество больных, оставленных на амбулаторном лечении, в разные временные периоды имело различные причины. В основном это больные в удовлетворительном состоянии с нормальной сатурацией, не нуждающиеся в стационарном лечении. В 2020 году в октябре-декабре зафиксировано наибольшее количество обращений с диагнозом новая коронавирусная инфекция, в 2 раза увеличилось количество госпитализаций с КТ3-4. Из -за ограниченного ресурса мед учреждений на пике эпидемии стабильные больные с КТ2 также оставались дома, что способствовало увеличению нагрузки на участковых врачей поликлиник.

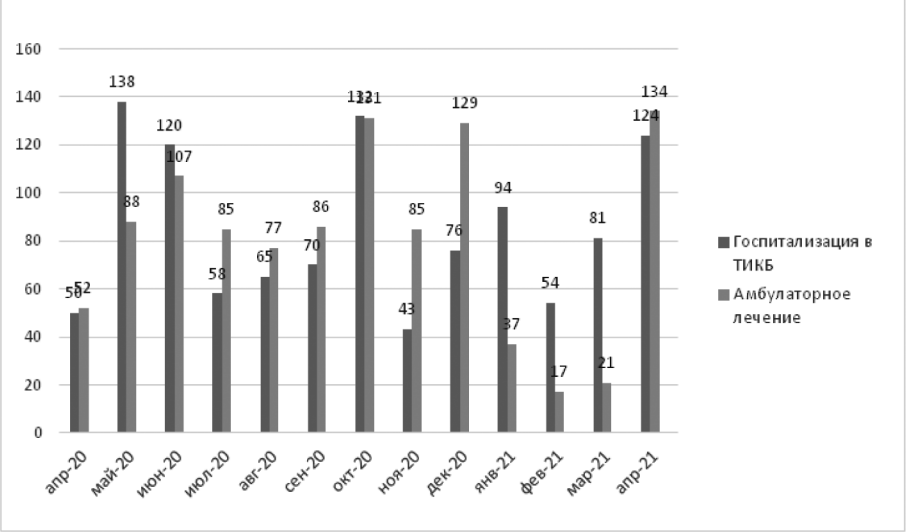


Рис. 6. Распределение по количеству госпитализированных пациентов в Тамбовскую инфекционную клиническую больницу (далее ТИКБ)

Выводы

В работе использовался количественный метод сбора данных, методы статистической обработки данных. Проанализировано 2811 вызовов СМП к пациентам с подозрением на вирусную пневмонию, ассоциированную с новой коронавирусной инфекцией. Максимальное число вызовов зарегистрировано за период октябрь-декабрь 2020 года и январь 2021 года. Большинство вызовов приходилось на пациентов женского пола — 58,66 %.

Согласно КТ-картине степени поражения лёгких пациенты распределились в 5 групп: КТ-0, КТ-1, КТ-2, КТ-3, КТ-4. По уровню оксигенации были сформированы 4 группы: 1 — SPO2 99–95 %; 2 — SPO2 94–90 %; 3 — SPO2 89–85%; 4 — SPO2 84 % и менее. Преимущественные показания к госпитализации имели больные с более тяжелыми поражениями легких, низкой сатурацией, возрастные и коморбидные больные.

Диагноз вирусная пневмония, ассоциированная с новой коронавирусной инфекцией, был подтверждён у 79,97 % пациентам. Максимальное количество подтвержденных диагнозов было зарегистрировано в апреле 2021 года.

В рамках исследования карт была проанализирована временная динамика подтверждения диагноза вирусная пневмония, ассоциированная с новой коронавирусной инфекцией, а также динамика количества госпитализированных бригадами СМП в Тамбовскую инфекционную больницу.

Доступность и своевременность оказания медицинской помощи населению зависит не только от комплектации бригад СМП и их полного обеспечения, но и организации оказания мед помощи на всех последующих уровнях, что способствует оптимальному оказанию медицинской помощи в обычное время и при возникновении различных чрезвычайных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Минздрава РФ от 19.03.20 № 198н «О временном порядке организации работы медицинских организаций в целях реализации мер по профилактике и снижению рисков распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19». Режимдоступа: https://docs.cntd.ru/document/564482310.
2. Вирусные пневмонии: новый взгляд на старую проблему (обзор литературы) / М.А. Харитонов, В.В. Салухов, Е.В. Крюков [и др.] // Медицинский совет. 2021. № 16. DOI 10.21518/2079-701X-2021-16-60-77.
3. Клинико-гистологические исследования патофизиологического влияния COVID-19 на сердечно-сосудистую систему / А.А. Халбагинов, Б.В. Павлов, Д.Х. Небиева [и др.] // International Journal of Medicine and Psychology. 2022. Т. 5, № 4. EDN KSMVTK.
4. Корин Ю.Ю. Вирусные пневмонии: особенности диагностики, течения и лечения / Ю.Ю. Корин, Л.В. Куколь // Медицинский альянс. 2020. Т. 8. № 4.
5. Ларина В.Н., Головко М.Г., Ларин В.Г. Влияние коронавирусной инфекции (Covid-19) на сердечнососудистую систему // Вестник РГМУ. 2020. № 2.
6. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Временные методические рекомендации. Минздрав России. Доступен по: https://static-0.minzdrav. gov.ru/system/attachments/attaches/000/059/392/original/%D0%92%D0%9C%D0%A0_COVID-19_V15. pdf.
7. Скляров Б.А. Исследовательские данные и выводы, относящиеся к Омикрон-штамму коронавируса (COVID-19) / Б.А. Скляров // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 5-1(68). DOI 10.24412/2500-1000-2022-5-1-102-105. EDN WNMINM.

8. Шихнебиев Д.А. Вирусная пневмония при COVID-19 — острая проблема современной медицины / Д.А. Шихнебиев // Вестник Дагестанской государственной медицинской академии. 2021. № 1(38).
9. Centers for Disease Control and Prevention. Interim Guidelines for Collecting, Handling, and Testing Clinical Specimens from Persons for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). Updated July 8, 2020. Accessed April 16, 2020. https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-nCoV/lab/guidelines-clinical-specimens.html
10. Chen Y, Yang Y, Peng W, Wang H. Influence and analysis of ambulance on the containment of COVID-19 in China. Saf Sci. 2021;139:105160. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105160.
11. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, Zhang L, Fan G, Xu J, Gu X, Cheng Z, Yu T, Xia J, Wei Y, Wu W, Xie X, Yin W, Li H, Liu M, Xiao Y, Gao H, Guo L, Xie J, Wang G, Jiang R, Gao Z, Jin Q, Wang J, Cao B. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. Lancet. 2020;395(10223):497–506. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5
12. Ministério da Saúde (BR). Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Nota Técnica GVIM/GGTES/ANVISA Nº 04/2020 (atualizada em 08 de Maio de 2020). Orientações para os serviços de saúde: medidas de prevenção e controle que devem ser adotadas durante a assistência aos casos suspeitos ou confirmados de infecção pelo novo Coronavírus (SARS-COV-2). [Internet] Brasília: Ministério da Saúde, 2020[cited 2020 Sep 03]. Available from: http://portal.anvisa.gov.br/notas-tecnicas» http://portal.anvisa.gov.br/notas-tecnicas.
13. Shi H, Han X, Jiang N, Cao Y, Alwalid O, Gu J, Fan Y, Zheng C. Radiological findings from 81 patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. The Lancet. Infectious Diseases. 2020;20(4):425–434. https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30086-4
14. Song F, Shi N, Shan F, Zhang Z, Shen J, Lu H, Ling Y, Jiang Y, Shi Y. Emerging 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) Pneumonia. Radiology. 2020;295:210–217. https://doi.org/10.1148/radiol.2020200274
15. Wu Z, McGoogan JM. Characteristics of and Important Lessons from the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China: Summary of a Report of 72 314 Cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. JAMA. 2020;323(13):1239–1242. https://doi.org/10.1001/jama.2020.2648

© Воропаева Светлана Валерьевна (vrpaevas@rambler.ru); Скляров Богдан Александрович (b.sklyarov@mail.ru);
Проскурякова Анастасия Александровна (8pro08@mail.ru); Молчанов Владимир Алексеевич (molchanovssmp@mail.ru);
Павлов Богдан Владимирович (DewollS@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.09

ИНТРАСЕПТАЛЬНАЯ АНЕСТЕЗИЯ ПРИ ЛЕЧЕНИИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У ДЕТЕЙ 6–12 ЛЕТ

INTRACTPTAL ANESTHESIA IN THE TREATMTNT OF THE DENTAL DISEASES N CHILDREN AGED 6–12 YEARS

O. Gendugova
Zh. Abregova
M. Unacheva
R. Shugusheva
T. Chabaeva

Summary: The key to high — quality and painless dental intervention is modern anesthesia, which includes knowledge of anatomy, pharmacology and age topography and practical skills. Patient comfort creates optimal conditions for the work of a dentist.

In order to avoid psychological trauma in children, we use various methods of anesthesia. But due to the limitation of the amount of drugs administered, the underdevelopment of physiological regulation systems in children affects the quality of anesthesia in this category of patients.

Keyword: intraceptal anesthesia, tooth, periodontal.

Гендугова Оксана Мухарбиевна
К.м.н, доцент, КБГУ им. Х.М. Бербекова
oksistom@mail.ru
Абрегова Жанна Аслановна
Ассистент, КБГУ им. Х.М. Бербекова
zhanka.abregova@mail.ru
Уначева Милана Анзоровна
Ординатор, КБГУ им. Х.М. Бербекова
unacheva1999@bk.ru
Шугушева Ранета Мусаевна
Ординатор, КБГУ им. Х.М. Бербекова
Shugus2021@mail.ru
Чабаева Тамара Кюриевна
Ассистент, КБГУ им. Х.М. Бербекова.
tamara.chabaeva89@gmail.com

Аннотация. Залогом качественного и безболезненного стоматологического вмешательства является современное обезболивание, что включает в себя знания по анатомии, фармакологии и возрастной топографии и практические навыки. Комфорт пациента создают оптимальные условия для работы врача-стоматолога.

Во избежание психологических травм у детей мы используем различные способы обезболивания. Но из-за ограничения количества вводимых лекарственных веществ, недоразвитием физиологических систем регуляции у детей страдает качество обезболивания у этой категории больных.

Ключевые слова: интрасептальная анестезия, зуб, пародонт.

Современные анестетики повысили эффективность обезболивания, но и новые протоколы лечения (использование коффердама и т.д.) требуют использования дополнительных пародонтальных способов обезболивания (для выключения тканей, окружающих зуб).

Одной из разновидностей инфильтрационной анестезии является интрасептальная анестезия. Она имеет преимущества перед внутрикостной анестезией, при которой высокий риск повреждения зон роста несформированных корней зубов, что характерно для данной возрастной группы.

Цель исследования

Повышение эффективности местной анестезии у детей 6–12 лет на терапевтическом приеме.

Задачи

1. Оценить эффективность пародонтальной анестезии (интрасептальной) при терапевтической санации полости рта детей 6–12 лет.
2. Мониторить психоэмоциональное состояние детей во время манипуляции.
3. Определить показания и противопоказания к применению данной анестезии у детей 6–12 лет.

Материалы и методы исследования

В лечении и клиническом обследовании участвовали 96 детей, обратившихся за терапевтической помощью в СК НПЦ «С-мед» г.Нальчик.

Распределили пациентов по полу и возрасту

Таблица 1.

Распределение пациентов по полу и возрасту

	всего	мальчики	девочки
6–8 лет	42	24	18
9–12 лет	54	31	23
Итого	96	55	41

Их комплексно обследовали с выяснением анамнеза жизни, жалоб, определением стоматологического статуса и использованием дополнительных методов диагностики (Rh-обследования). Заполняли карту. Для проведения анестезии использовали карпульный шприц и иглу

18 мм/27, артикаин 1:200000. Под углом 90° прокалывали десну, погружали до кости, вкалывали в межзубную перегородку и вводили 0,3–0,5 мл анестетика до возникновения ишемического кольца вокруг зуба. Действие интрасептальной анестезии заключается в сосудистом механизме (сосуды костного мозга имеют прерывистый тип структуры эндотелия и в стенках сосудов имеются пространства, где легко проходит жидкость. А.Ж. Петрикаса 1997 г). При необходимости и в зависимости от объема терапевтического вмешательства сочетали с инфильтрационной анестезией.

Эффективность оценивали по 3 б системе:

1б — вмешательство бесполезно,

2б — испытывали дискомфорт при лечении и установке коффердама,

3б — невозможно завершить, отказ от лечения.

Результаты

Всем детям проводили лечение под интрасептальной анестезией артикаином 1:200000.

Таблица 2.

Вид вмешательства	Всего	3б	2б	1б
Лечение кариеса эмали	26	25	1	—
Лечение кариеса дентина	39	33	6	—
Лечение обратимого пульпита	19	13	3	3
Лечение необратимого пульпита	12	5	5	2

Аспирационные пробы были отрицательными у всех детей. Во время лечения и после, осложнений не выявлено.

У всех детей в данной возрастной группы имеется повышенная напряженность и настороженность. Большое значение играет снижение психоэмоционального реагирования путем заблаговременного знакомства и бесед. Эффективность анестезии напрямую зависит от психоэмоционального состояния, пола, возраста.

Вывод

Использование пародонтальных методов анестезии артикаинсодержащими анестетиками — эффективно и безопасно для детей при непродолжительных терапевтических манипуляциях (лечение кариеса эмали и дентина), при условии соблюдения техники интрасептальной анестезии. При лечении различных форм пульпита эфеективно использование артикаина 1:100000 или добавление инфильтрационной анестезии.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.А. Рабинович, Е.Н. Анисимова, Л.А. Аксамит, Е.В. Зорян, Т.Д. Бабич, А.А. Цветкова, Н.Т. Бутаева. Средства и способы местного обезболивания в стоматологии. — М.2013.— 136 с.: ил. ББК: 56.654я 77 С 75 УДК: 616.314-089.5-031.85 (075.9)

© Гендугова Оксана Мухарбиевна (oksistom@mail.ru); Абрегова Жанна Аслановна (zhanka.abregova@mail.ru);
Уначева Милана Анзоровна (unacheva1999@bk.ru); Шугушева Ранета Мусаевна (Shugus2021@mail.ru);
Чабаева Тамара Кюриевна (tamara.chabaeva89@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.12

ОСТРЫЙ КОРОНАРНЫЙ СИНДРОМ, ОБУСЛОВЛЕННЫЙ МИОКАРДИАЛЬНЫМ МОСТИКОМ

ACUTE CORONARY SYNDROME CAUSED BY MYOCARDIAL BRIDGE

A. Jalilov
A. Vischipanov
Y. Akhmatov

Summary. The main coronary arteries are located in the subepicardial region [1]. The localization of a large coronary segment in the myocardium is called the «tunnel artery», the myocardial bridge, which is a congenital coronary anomaly [2]. These patients present with transient systolic coronary artery narrowing and are symptomatic patients, most often middle-aged men with typical or atypical chest pain associated or not associated with exercise [1,3]. According to the reported clinical cases in the literature, myocardial bridge usually has a favorable prognosis, but some cases are associated with myocardial ischemia, infarction [5], coronary spasm, arrhythmias and sudden death [8].

Keywords: coronary artery bypass grafting, IHD, acute coronary syndrome.

Жалилов Адхам Кахрамонович
кандидат медицинских наук, Каршинский филиал республиканский специализированный научно-практический медицинский центр кардиологии
Jalilov_adham@mail.ru
Вищипанов Артем Сергеевич
Д.м.н., профессор, ФГАОУ ВО Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России
Ахматов Яшин Равшанович
кандидат медицинских наук, Каршинский филиал республиканский специализированный научно-практический медицинский центр кардиологии

Аннотация. Основные коронарные артерии располагаются в субэпикардиальной области [1]. Локализация крупной коронарной артерии в миокарде называется «туннельная артерия», миокардиальным мостиком, который является врожденной коронарной аномалией [2]. У этих пациентов наблюдается временное систолическое сужение просвета коронарных артерий. Такие пациенты: чаще всего мужчины среднего возраста с типичной или атипичной болью в груди, связанной или несвязанные с физическими упражнениями [1,3]. По данным, описанных в литературе клинических случаев, миокардиальный мостик имеет благоприятный прогноз, но некоторые случаи связаны с ишемией миокарда, инфарктом [5], коронароспазмом, аритмией и внезапной смертью [8].

Ключевые слова: коронарное шунтирование, ИБС, острый коронарный синдром.

Введение

Миокардиальные мостики обычно располагаются в середине левой передней нисходящей артерии, реже они локализуются в огибающей артерии и, иногда, наблюдаются в правой коронарной артерии. Несмотря на то, что миокардиальные мостики часто рассматривались как простой вариант нормальной анатомии коронарных артерий, предыдущие сообщения показали, что они могут иметь важное клиническое значение. Считают, что патофизиологические механизмы клинических проявлений миокардиального мостика связаны со склонностью таких больных к развитию атеросклероза [9]. Было продемонстрировано, что интима туннелированной артерии значительно тоньше, чем интима проксимального сегмента артерии, а также доказаны морфологические изменения эндотелиальных клеток. Это позволяет предположить, что интима под миокардиальным мостиком может быть защищена гемодинамическими факторами. В некоторых исследованиях сообщается, что экспрессия вазоактивных агентов (эндотелин-1, эндотелиальная синтазы оксида азота, ангиотензинпревращающий фермент) и распространение атеросклеротического процесса снижены в миокардиальном мостике, по сравнению с проксимальными и последующими сегментами артерий. Таким образом, предварительные данные, полученные к настоящему времени, позволяют предположить, что миокардиальный мостик связан с частым развитием атеросклероза в проксимальном сегменте артерии, по сравнению с туннелированной артерией [10]. Типичным ангиографическим признаком миокардиального моста является систолическое сужение эпикардиальной артерии, которое полностью разрешается во время диастолической фазы сердечного цикла. Поскольку во время систолы проходит только 15% коронарного кровотока, а миокардиальный мост является систолическим ангиографическим явлением, он приобретает клиническое значение только при определенных состояниях, таких как тахикардия. Тахикардия может провоцировать ишемическое воздействие на миокардиальный мостик за счет укорочения диастолической фазы и увеличения значения систолического кровотока.

Пациент В., 50 лет поступил в отделение кардиохирургии с жалобами на сжимающие боли в области серд-

ца при физической нагрузке, некупирующиеся приемом нитратов под язык более 25 мин, сердцебиение, одышку, чувство нехватки воздуха, слабость, быструю утомляемость.

При поступлении состояние средней степени тяжести. Рост — 175 см, вес — 80 кг. Отеков нет. Кожа и слизистые — бледно-розовой окраски. Лимфатические узлы не увеличены. Грудная клетка правильной формы. Аускультативно: ослабленное везикулярное дыхание. Хрипов нет. Частота дыхательных движений — 16 в минуту. Границы сердца: сверху в III м/р, справа по правому краю грудины в IV м/р, слева на +1,0 см кнаружи левой среднеключичной линии в V м/р. Тоны сердца приглушены, ритмичные. ЧСС 78 уд в мин. АД на левой в/к 130/80 мм.рт. ст. Пульс удовлетворительного наполнения, ритмичный. Живот мягкий, безболезненный при пальпации. Печень у края реберной дуги. Селезёнка не пальпируется. Симптом поколачивания отрицательный с двух сторон. Мочеиспускание свободное, безболезненное.

Пациенту была выполнена комплексная лабораторная и инструментальная диагностика:

Объективное обследование

Клинический анализ крови: Hb — 140 г/л. эрит — 5.01, лейкоциты — 4,3, с/я — 53.1, лимф — 30.6, мон — 5.7, тромбоциты — 301, СОЭ — 8 мм/ч.

Биохимический анализ крови: сахар крови натощак — 4,5 ммоль/л; АлАТ — 45. АсАТ — 48. билирубин общий — 10,7; прямой — 2,5; непрямой — 7,2; мочевина — 6,3; креатинин — 100.5 мкмоль/л.

Электрокардиография: Ритм синусовый с ЧСС 78 уд в мин. ЭОС промежуточная. Ишемические изменения миокарда по передне-перегородочной и верхушечной стенки левого желудочка.

При трансторакальном эхокардиографическом исследовании выявлено: Ао — 32 мм. ЛП — 41 мм. КДО — 104.0 мл. КСО — 61.0 мл. ФВ — 33.8 %. Дилатации полостей сердца нет. Глобальная сократимость ЛЖ снижена. Гипокинез верхушечной области ЛЖ, передне-перегородочного сегмента. Створки МК умеренно уплотнены. ТК не изменен. Створки АК склерозированы. СДЭхоКС: ДДЛЖ 1 тип. МР 2 ст. АР 1 ст.

Селективная коронарография. Левая коронарная артерия: Ствол: не изменен. Передняя межжелудочковая ветвь: в устье стеноз, далее в с/3 артерия отмечается в систоле сужение до 95–99 %. Диагональная ветвь: без ангиографически значимых сужении. Огибающая ветвь: в п/3 неровности контуров. Ветвь тупого края: без ангиографических значимых сужений. Правая коронарная артерия: визуализируется стентированный участок с диффузным рестенозированием до 30 %, далее артерия без ангиографически значимых сужений. ЗМЖВ ПК: без ан-

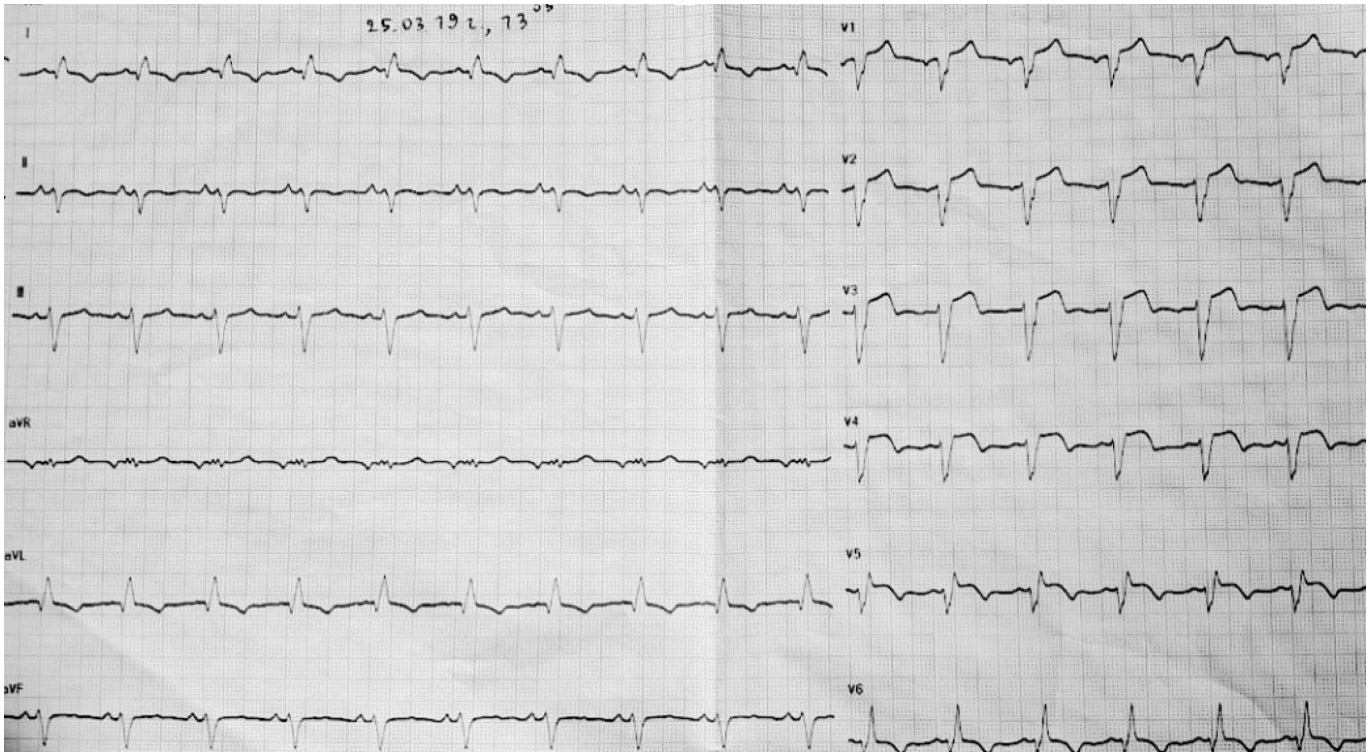


Рис. 1. 12-канальная электрокардиограмма пациента А. при поступлении. Ритм сердца синусовый, правильный с ЧСС 92 в мин. PQ —140 мс., QRS —158 мс., QT — 450 мс. Полная блокада левой ножки пучка Гиса. Элевация сегмента ST в V2-V5

гиографически значимых сужений. ЗБВ ПК: без ангиографически значимых сужений.

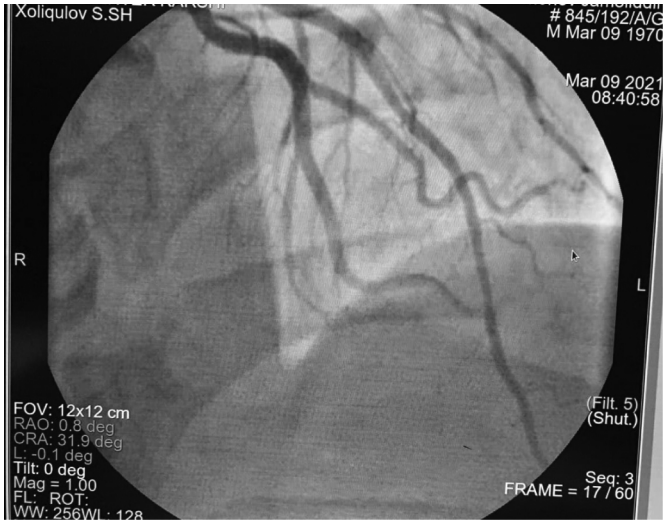


Рис. 2. КАГ: при диастоле ПМЖВ без изменения

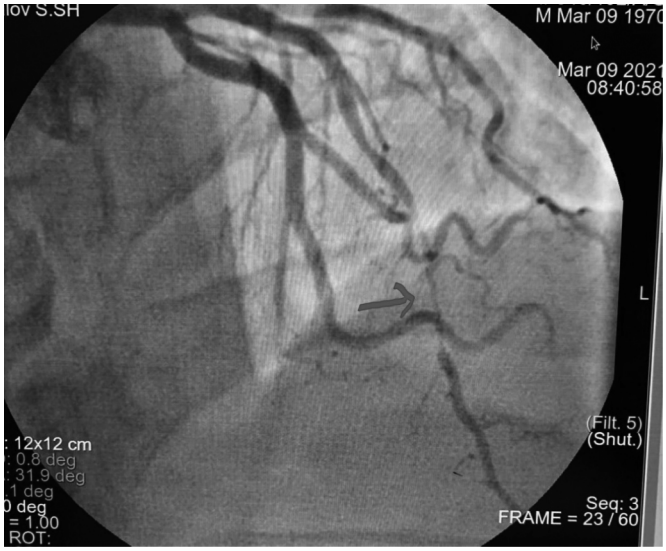


Рис. 3. КАГ: во время систолы отмечается сужение ПМЖВ среднего сегмента до 95–99 %

Пациенту поставлен диагноз: ОКС. Острый инфаркт миокарда с подъёмом сегмента ST. Осложнения: ХСН IIA ст., ФК III по NYHA.Сопутствующие: Гипертоническая болезнь III стадии, сстепень АГ-2, риск-IV (очень высокий). Хронический гастрит, вне обострения. Хронический бронхит, вне обострения.

Пациенту выполнена: *Супраартериальная миотомия коронарной артерии в с/3 ПМЖВ условиях ИК и КП.*

Операционное поле обработано Бетадином троекратно. Срединная стернотомия. Т-образно вскрыт перикард, взят на держалки. В полости перикарда без спаечного процесса. Сердце, преимущественно умеренно, увеличено за счёт правых отделов. Над аортой систолическое дрожание. Кисетные швы на АО и ПП (двухступенчатая венозная канюля) и на корень аорты. Канюлирована аорта, ПП, установлен дренаж в левое предсердие. Начато ИК с нормотермией. Пережата восходящая аорта. Кардиоплегия антеградно через корень аорты. Асистолия. При ревизии ПМЖВ ср/3 расположены интрамиокардиально. Выполнена супраартериальная миотомия. Деаэрация. Снят зажим с аорты. Восстановление сердечной деятельности через синусовый ритм. Сход с ИК без технических сложностей. Гемостаз. Деканюляция Ао и ПП. Введение Протамина. В полость переднего средостения установлен дренаж. Грудина ушита проволочными швами. Послойное ушивание стернотомной раны. Асептическая обработка, наложение асептической повязки.

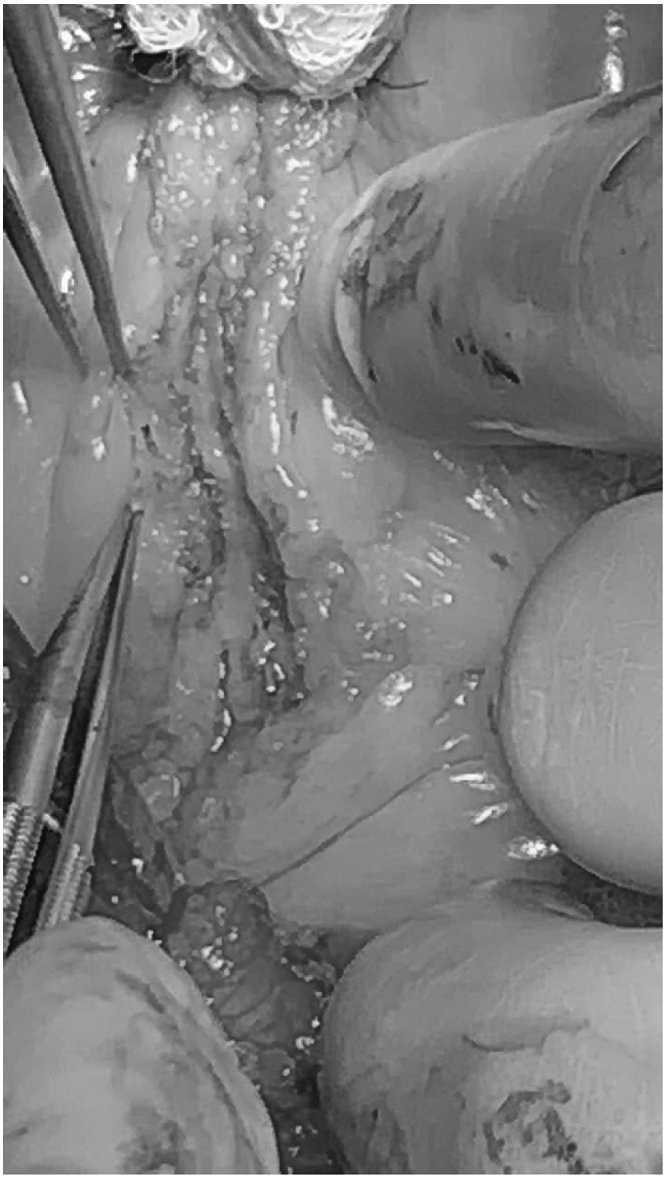


Рис. 4. Супраартериальная миотомия коронарной артерии в с/3 ПМЖВ

Послеоперационный период протекал без осложнений. Ангионозные боли исчезли. На ЭКГ в динамике ишемических изменений нет.

В 6-е сутки пациент был выписан из стационара.

Обсуждение

Спазм коронарных артерий, впервые описанный в 1959 г. Prinzmetal et al. [4], не редкость и он признан важной причиной боли в груди у пациентов с нормальной или значительной обструктивной коронарной артерии. Частота спонтанного коронароспазма различалась в разных странах [5]. Согласно описанным в литературе случаям, частота спонтанного коронароспазма составляла от 0,26 % до 0,93 % при проведении коронарографии, что может быть занижено, из-за введения нитроглицерина, так как истинная частота может быть выше, чем ангиографическая [6]. По сравнению с теми пациентами, у кого не было миокардиальных мостиков, коронароспазм в области миокардиального моста легче провоцировался у больных как введением ацетилхолина, так и физической нагрузкой [11].

Миокардиальные мостики обычно располагаются над серединой левой передней нисходящей артерии, они реже локализуются в области огибающей артерии и, иногда, — над правой коронарной артерией. Несмотря на то, что миокардиальные мосты часто рассматривались как простой вариант нормальной анатомии коронарных артерий, предыдущие сообщения показали, что они могут иметь важное клиническое значение. Считают, что патофизиологические механизмы клинических проявлений миокардиального моста связаны со склонностью таких больных к развитию атеросклероза. Было продемонстрировано, что интима туннелированной артерии значительно тоньше, чем интима проксимального сегмента артерии, доказаны морфологические изменения эндотелиальных клеток. Это позволяет предположить, что интима под миокардиальным мостом может быть защищена гемодинамическими факторами.

В нашем клиническом случае, когда пациент жаловался на боль в груди, на электрокардиограмме регистрировался подъем сегмента ST в нижних отведениях, что свидетельствовало об острой ишемии передней нисходящей коронарной артерии. Стеноза передней нисходящей коронарной артерии при КАГ не обнаружено. Изменения ЭКГ показали, что эпизоды болей в груди могут быть обусловлены спазмом передней нисходящей коронарной артерии.

Подобный случай демонстрирует, что коронароспазм может играть важную роль в развитии острой ишемии у пациентов с миокардиальным мостиком.Острая ишемия возникает, когда снабжение миокарда кровотоком неадекватно по сравнению с потребностью. Обычно это происходит на фоне коронарного атеросклероза и коронарного спазма.

Таким образом несмотря на то, что миокардиальные мостики долгое время считались вариантом, не имеющим гемодинамического или физиологического значения, недавние исследования показали их существенную роль в нарушении коронарного кровотока.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Teragawa, H, Fujii, Y, Oshita, C. What factors contribute to chest symptoms during exercise in patients with vasospastic angina? Angiol. 2017;5:202.
2. Yetman, AT, Hamilton, RM, Benson, LN, McCrindle, BW. Long-term outcome and prognostic determinants in children with hypertrophic cardiomyopathy. J Am Coll Cardiol. 1998;32:1943–1950.
3. Mohiddin, SA, Begley, D, Shih, J. Myocardial bridging does not predict sudden death in children with hypertrophic cardiomyopathy but is associated with more severe cardiac disease. J Am Coll Cardiol. 2000;36:2270–2278.
4. Boktor, M, Mansi, IA, Troxclair, S, Modi, K. Association of myocardial bridge and Takotsubo cardiomyopathy: a case report and literature review. South Med J. 2009;102:957–960.
5. Ando, G, Trio, O, de Gregorio, C. Coronary spasm and myocardial bridging: an elusive pathophysiological mechanism leading to apical ballooning syndrome. Eur Heart J Acute Cardiovasc Care. 2016;5:501–504.
6. Kato, K, Kitahara, H, Saito, Y. Impact of myocardial bridging on in-hospital outcome in patients with takotsubo syndrome. J Cardiol. 2017;70:615–619.
7. Barutcu, I, Sezgin, AT, Gullu, H, Topal, E, Acikgoz, N, Ozdemir, R. Exercise-induced changes in QT interval duration and dispersion in patients with isolated myocardial bridging. Int J Cardiol. 2004;94:177–180.
8. Aksan, G, Nar, G, Inci, S. Exercise-induced repolarization changes in patients with isolated myocardial bridging. Med Sci Monit. 2015;21:2116–2124
9. Nishikii-Tachibana, M, Pargaonkar, VS, Schnittger, I. Myocardial bridging is associated with exercise-induced ventricular arrhythmia and increases in QT dispersion. Ann Noninvasive Electrocardiol. 2018;23:e12492.
10. Sun, X, Chen, H, Xia, L, Zhao, D, Ding, W, Wang, C. Coronary artery bypass grafting for myocardial bridges of the left anterior descending artery. J Card Surg. 2012;27:405–407.
11. Bockeria, LA, Sukhanov, SG, Orekhova, EN, Shatakhyan, MP, Korotayev, DA, Sternik, L. Results of coronary artery bypass grafting in myocardial bridging of left anterior descending artery. J Card Surg. 2013;28:218–221.

© Жалилов Адхам Кахрамонович (Jalilov_adham@mail.ru); Вищипанов Артем Сергеевич; Ахматов Яшин Равшанович
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.14

ХРОНИЧЕСКАЯ ЦЕРЕБРАЛЬНАЯ ВЕНОЗНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ И УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ПРИЗНАКИ НАРУШЕНИЯ ВЕНОЗНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

ULTRASONIC SIGNS OF VIOLATION OF VENOUS BLOOD CIRCULATION AND CLINICAL MANIFESTATIONS OF CHRONIC CEREBRAL VENOUS INSUFFICIENCY

A. Kallaeva
R. Ramazanov
T. Gadzhieva
A. Osmanova
R. Guseynova
Z. Atayeva
P. Gazieva

Summary. Determination of quantitative and qualitative indicators of venous circulatory disorders, allowing to establish a diagnosis, chronic cerebral venous insufficiency (CVD). Two groups of patients were selected for this purpose. The first group — patients suffering from chronic cerebral venous insufficiency, the second group — healthy, in whom violations of venous circulation were detected. Two groups of 32 patients, comparable in age and sex characteristics, were studied. In addition to the study of qualitative and quantitative parameters of venous vessels, functional tests were performed on all patients. The Valsalva test is the determination of the insufficiency of the ostial valves by the internal jugular veins. A test with verticalization to determine the insufficiency of blood flow through the vertebral veins. Anti-orthostatic test with determination of blood flow velocity through basal veins. Along with the study of the venous vessels of the brain, peripheral resistance indices were measured along the medullary arteries. For statistical analysis of the reliability of the results of the study, the Student's t-test and the Mann-Whitney U-test were used. As a result, venous circulatory disorders detected by ultrasound examination of blood vessels do not allow a full clinical diagnosis of HCVN. Disorders of venous circulation are only predictors of HCVN. To make this diagnosis, first of all, there must be a clinical picture of the disease and data from an instrumental and physical examination. A cross-sectional examination of patients by ultrasound was performed: transcranial dopplerography of brain vessels and duplex scanning of neck vessels.

Keywords: intracranial and extracranial veins, disorders of venous blood flow, functional tests.

Каллаева Абидат Нурулисламовна
д.м.н., доцент, Дагестанский государственный медицинский университет (Махачкала)
Abidat.kallaeva@mail.ru
Рамазанов Руслан Сиражудинович
к.м.н., ассистент, Дагестанский государственный медицинский университет (Махачкала)
Doctorus71@yandex.ru
Гаджиева Тутубича Абдурахмановна
Д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет, Махачкала
tami2006@yandex.ru
Османова Аида Вахаевна
к.м.н., доцент, Дагестанский государственный медицинский университет (Махачкала)
aida_osmanova_1907@mail.ru
Гусейнова Резеда Камильевна
к.м.н., доцент, Дагестанский государственный медицинский университет (Махачкала)
rezeda600512@mail.ru
Атаева Зульмира Нариманович
к.м.н., доцент, Дагестанский государственный медицинский университет (Махачкала)
kzn1957@mail.ru
Газиева Патимат Алибековна
старший лаборант, Дагестанский государственный медицинский университет (Махачкала)
gpa.89@mail.ru

Аннотация. Определение количественных и качественных показателей нарушений венозного кровообращения, позволяющих установить диагноз, хроническая церебральная венозная недостаточность (ХЦВН). Для этого отобрали две группы пациентов. Первая группа — больные, страдающие хронической церебральной венозной недостаточностью, вторая группа — здоровые, у которых выявлены нарушения венозного кровообращения. Исследованы две группы пациентов по 32 человека, сопоставимые по возрастно-половым характеристикам. Кроме исследования качественных и количественных параметров венозных сосудов, проводили всем пациентам функциональные пробы. Проба Вальсальвы — определение недостаточности остиальных клапанов по внутренним яремным венам. Проба с вертикализацией для определения недостаточности кровотока по позвоночным венам. Антиортостатическая проба с определением скорости кровотока по базальным венам. Наряду с исследованием венозных сосудов головного мозга, измеряли индексы периферического сопротивления по среднемозговым артериям. Для статистического анализа достоверности результатов исследования использовали t-критерий Стьюдента и U критерий Манна-Уитни. В результате нарушения венозного кровообращения, выявляемые с помощью ультразвукового обследования сосудов, не позволяют выставить в полной мере клинический диагноз ХЦВН. Нарушения венозного кровообращения, являются лишь предикторами ХЦВН. Для выставления данного



диагноза в первую очередь должна быть клиническая картина болезни и данные инструментального и физикального обследования. Проведено поперечное исследование пациентов ультразвуковым методом: транскраниальная допплерография сосудов головного мозга и дуплексное сканирование сосудов шеи.

Ключевые слова: интракраниальные и экстракраниальные вены, нарушения венозного кровотока, функциональные пробы.

Введение

Хроническая церебральная венозная недостаточность (ХЦВН) — это патологическое состояние, связанное с нарушением венозного оттока из головного мозга и перемежающемуся возвратному движению крови от внутричерепной яремной вены через поперечный синус и другие синусы в базальные и глубокие вены [1]. ХЦВН имеет свои характерные субъективные и объективные симптомы, которые могут проявляться в зависимости от тяжести течения заболевания.

К субъективным симптомам, чаще всего относятся, головная боль, головокружение, шум в голове, нарушения зрения, слуха. Головные боли могут быть тупыми, распирающими, пульсирующими, чаще в затылочной, теменно-затылочной области. Наибольшая интенсивность головных болей отмечается под утро, которая уменьшается к середине дня. Также эти головные боли, могут появиться после длительной сидячей работы (например, за компьютером).

К наиболее распространенным объективным симптомам относятся снижение корнеальных рефлексов, непостоянный нистагм, неустойчивость в позе Ромберга, синюшность под глазами по утрам, болезненность точек выхода 1-ой ветви тройничного нерва. Эти симптомы будут четко определяться в первой половине дня.

ХЦВН, согласно классификации Бердичевского, по этиопатогенетическим механизмам, делится на застойно-гипоксическую и дистоническую формы [2]. Застойная форма, является следствием механического препятствия оттоку крови: высокое давление в правых отделах сердца, экстравазальная компрессия, и т.п. Дистоническая форма возможна из-за нарушения нейрогуморальной регуляции сосудов: например, при черепно-мозговой травме, интоксикации алкоголем.

Как известно, основой клинических проявлений ХЦВН являются структурно-функциональные изменения венозных сосудов. Однако, не всегда, нарушения венозного кровообращения, проявляются клинической картиной характерной для ХЦВН.

Анатомически венозная система головного мозга имеет свои особенности, а именно наличие синусов, которые располагаются между листками твердой мозговой оболочки. Синусы активно участвуют в образовании спинномозговой жидкости. Кровь в синусы поступает из венозных сосудов, а оттуда оттекает во внутренние яремные вены и позвоночные венозные сплетения. В местах впадения венозных сосудов в синусы имеются клапана, предохраняющие их от переполнения кровью.

Условно венозная система головного мозга (интракраниальная) делится на поверхностную (например, среднемозговые вены — СМВ) и глубокую (базальные вены — ВР) сеть. Между ними имеется, множество анастомозов. Также, интракраниальная система, имеет обширные связи с венами наружных покровов головы и лица, посредством эмиссарных вен. Здесь важно отметить, что в интракраниальной венозной сети клапана отсутствуют, кроме, как в местах впадения в синусы. Благодаря такой организации сосудов, кровь может свободно циркулировать в разных направлениях, в зависимости от градиента давления [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Этот механизм, позволяет снимать напряжение в определенном микроциркуляторном русле, где имеется затруднение венозного оттока, за счет того, что кровь перетекает через другие венозные сосуды. Однозначно, в сосудах, через которые проходят дополнительные объемы крови, будет регистрироваться высокая скорость кровотока, тем самым снижая давление в проблемном участке. Вероятно, поэтому, клинические проявления ХЦВН, чаще бывают «стертыми» [2, 10, 11, 12].

Еще одним, важным, компенсаторным механизмом снижения венозного давления, служит уменьшение притока артериальной крови, в виде рефлекторного сужения артериальных сосудов. Эффективному оттоку крови из полости черепа, также способствуют пульсация крупных сосудов, которые проходят через пещеристый и атланто-затылочный синусы.

Экстракраниальная венозная система (в данном случае, сосуды, собирающие кровь от головного мозга), представлена в основном внутренними яремными венами (ВЯВ) и позвоночной венозной сетью (ПВ). ВЯВ имеют клапана, которые располагаются в один, два яруса (13). Довольно широко представлена позвоночная венозная система, которая словно «сеть» оплетает позвоночные структуры, и сопровождают одноименные артерии. Осо-

бенность экстракраниальной венозной сети, является неравномерность потоков крови по ВЯВ и ПВ. В горизонтальном положении, основной отток крови отмечается по ВЯВ, в вертикальном положении по ПВ [14, 15, 16, 17].

Цель исследования

Определение количественных и качественных показателей нарушений венозного кровообращения, позволяющих предположить диагноз хроническая церебральная венозная недостаточность (ХЦВН), методом ультразвукового обследования сосудов. Для этого, отобрали две группы пациентов. Первая группа — больные, страдающие хронической церебральной венозной недостаточностью, вторая группа — здоровые, у которых выявлены нарушения венозного кровообращения.

Материалы и методы

Среди всех известных методов выявления нарушения венозного кровообращения, особое место занимает ультразвуковое обследование сосудов головы и шеи. Во-первых, высокая доступность, во-вторых, достаточная информативность в сочетании с функциональными пробами. Методика осмотра и нормативные показатели детально описаны в соответствующих литературных источниках [13, 18, 19, 20, 21, 22, 23]. Частота визуализации венозных структур на интракраниальном уровне неодинаковая. Например, прямой, поперечный, верхний сагитальный синусы лоцируются до 70 % случаев, большая церебральная вена (Галена) до 80 %. Более чем в 90 % случаях, лоцируются СМВ и ВР. Поэтому, в целях стандартизации результатов исследования [24, 25, 26, 27], мы приводим данные только по СМВ и ВР. Доступ — через транстемпоральное окно, секторный датчик 2–3 МГ. Признаками повышения давления в венозном системе, при ТКДГ, могут быть регистрация высокой скорости кровотока по венам и синусам, обратного тока крови, а также высокие индексы периферического сопротивления артерий [28, 29, 30, 31, 32, 33, 34].

На экстракраниальном уровне исследовали ВЯВ, НЯВ, ПВ и орбитальные вены. Забегая вперед, отметим, ретроградный кровоток по орбитальным венам в ходе исследования не выявлен. Больных осматривали в горизонтальном положении линейным датчиком 5–9 МГ. По ходу работы, для выявления скрытой венозной недостаточности, проводили функциональные пробы. Проба Вальсальвы проводилась для определения функциональной недостаточности остиальных клапанов ВЯВ: относительной и активной недостаточности [5, 13, 35].

Модифицированная антиортостатическая проба проводилась в горизонтальном положении под углом –30° в течение 5 минут с оценкой скорости кровотока по ВР, относительно нормального горизонтального положения [36]. Проба с вертикализацией была положительна, если отсутствовала нарастание скорости кровотока по позвоночным венам, относительно скорости кровотока в горизонтальном положении [37].

За период 2015–2019 годы обследовали 32 больных с ХЦВН, среди них 24 женского пола. Возраст больных колебался от 12 до 40 лет. Важным условием для отбора этих больных, было то, что, у них не должны быть заболевания, которые значительно ухудшали венозный отток, например сердечно-легочные, затруднение нового дыхания, и другие подобные болезни. Также необходимым условием, было отсутствие сопутствующих нарушений венозного кровообращения нижних конечностей, ожирение 3-степени.

Контрольную группу, 32 человек, (2-я группа) составили практически «здоровые» пациенты, у которых выявили ультразвуковые признаки нарушения венозного оттока. Из них 19 пациентов женского пола. 2-я группа формировалась из пациентов направленных на исследование сосудов головного мозга в целях диспансерного наблюдения (таблица 1). Средний возраст: в группе 1 — 28,2, в группе 2 — 27,1 лет.

Таблица 1.

Половозрастной состав групп

	Группа 1 (абсолютные числа)	Группа 2 (абсолютные числа)
Дети	6	8
Женщины	17	17
Мужчины	9	7
Итого	32	32

Анализ проводили посредством программы Microsoft Excel 2016 и статистических t-критерий Стьюдента 0,56, p =0,596, U критерий Манна-Уитни = 3.

Результаты исследования и их обсуждение

Под нарушением венозного кровообращения, в данной работе подразумевается, отклонение от нормативных показателей. За один случай венозного нарушения мы считаем любое нарушение по данному сосуду. На примере ВЯВ: увеличение или уменьшение площади, недостаточность клапанного аппарата, экстравазальная компрессия, тромбоз, высокая или низкая скорость кровотока, в комплексе или отдельно, считается как один патологический случай. Такие нарушения венозного кровообращения в обеих группах чаще регистрируются по ПВ, далее по ВР, СМВ и ВЯВ (таблица 2).

Высокая регистрация патологических изменений по ПВ, объясняется широкой распространенностью дорсопатий шейного отдела позвоночника, затрудняющих венозный отток. В ходе осмотра, мы наблюдали сочe-

тание патологических случаев, т.е. 2 и более у каждого пациента. Сочетание патологических случаев по сосудам в обеих группах следующая: в группе 1 у 27 человек (84,4 %), в группе 2 у 18 человек (56,2 %).

Таблица 2.

Частота встречаемости венозных нарушений

	Группа 1 (абсолютные числа и %)	Гр 2 (абсолютные числа и %)
ПВ	32 — 100 %	28 — 87,5 %
ВЯВ	21 — 65,6 %	11 — 34,4 %
ВР	25 — 78,1 %	19 — 59,7 %
СМВ	18 — 56,2 %	15 — 46,9 %

Нарушения венозного кровообращения приводят к изменениям в артериальном звене сосудистого русла. Поэтому, при сопоставлении данных двух групп, мы учитывали индексы периферического сопротивления (Ri) по среднемозговым артериям. В группе 1 высокое Ri выявлено в 28,1 % случаев, в группе 2 — 15,6 %.

Функциональные пробы, характеризующие скрытую венозную недостаточность, проводили в обеих группах. Модифицированная антиортостатическая проба (АО) показала положительный результат в группе 1 у 25 человек (78,1 %), в группе 2 у 20 человек (62,8 %). Проба с вертикализацией (В) положительна в группе 1 у 22 человек (68,8 %), в группе 2 у 19 человек (59,4 %). Также здесь важно подчеркнуть, что высокие индексы (периферического сопротивления — Ri) по СМА до проведения проб отмечались в группе 1 у 9 человек (28,1 %), в группе 2 у 5 человек (15,6 %). Ниже приводится сводная таблица 3.

Таблица 3.

Сводная таблица: сочетанная патология по венам, функциональные пробы и индексы периферического сопротивления СМА

	Группа 1, %	Группа 2, %
Сочетание патологических случаев	84,4	56,2
АО	78,1	62,5
В	68,7	59,4
Ri	28,1	15,6

Анализ таблицы посредством программы Microsoft Excel 2016 показала, что статистических значимых различий между группами не имеется (t-критерий Стьюдента 0,56, p =0,596, U критерий Манна-Уитни = 3).

Чаще всего в практической деятельности, мы сталкиваемся с патологическими нарушениями, имеющими приобретенный характер, вследствие регионарных или системных заболеваний [38, 39, 40]. Также, исследования показывают, что венозная система более активно реагирует на изменения в организме, чем артерии. Затруднения в диагностике ХЦВН вызывает тот факт, что при головных болях, обусловленных мигренью, головной боли напряжения, часто регистрируют, нарушения венозного оттока.

Здесь, уместно привести пример нарушения венозного кровообращения. У пациента жалобы на одышку и слабость при умеренной физической нагрузке. Пациент 44 года нормостенического телосложения, направлен в диагностический центр, для обследования сосудов головного мозга, шеи, нижних конечностей, ЭХО-КГ. Приводим коротко данные обследования. На ЭХО-КГ правые отделы сердца и ЛП расширены, сократимость миокарда удовлетворительная, СДЛА 27 мм рт.ст., недостаточность трикуспидального клапана 2-я степень, митрального клапана 1-я степень. По сосудам н/конечностей отмечается расширение подкожных вен по задне-медиальной поверхности обеих голеней (притоки БПВ), диаметр БПВ у СФС не более 7,5 мм, клапана состоятельны. По сосудам шеи наблюдается расширение площади правой ВЯВ более 140 % от площади, сопутствующей ОСА, косо-поперечное расположение ПВ во 2-ом сегменте, диаметр вен доходит до 3-х мм. Скорость кровотока по ВР 36 см/сек справа, 29 см/сек слева, Ri по СМА 7,2 справа, слева 6,9. В данном конкретном случае, при имеющихся нарушениях со стороны венозной системы г/м, пациент не предъявляет жалобы характерные для ВД, отсутствует снижение корнеальных рефлексов, проба Ромберга отрицательная, нет нистагма.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование показывает, что не всегда нарушение венозного кровообращения могут проявляться клиникой ХЦВН. Отсутствие клиники вероятно обуславливается обширными компенсаторными механизмами, индивидуальной устойчивостью нервной системы, возможно образом жизни, социальной установкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никифоров А.С., Гусев Е.И. Частная неврология. Москва: Геотар -Медиа; 2013. 768 с.
2. Бердичевский М.Я. Венозная дисциркуляторная патология головного мозга. М.: Ме-дицина; 1989. 224 с.
3. Белова Л.А., Машин В.В. Роль цереброспинальной венозной системы в обеспечении физиологических функций и патологических процессов. // Ульяновский медико-биологический журнал. №3, 2015, с. 73–78.
4. Манвелов Л.С., Кадыков А.В. Венозная недостаточность мозгового кровообращения. https://www.neurology.ru/sites/default/files/assets/documents/2016/01/2-2007-18.pdf?download=1
5. Никитин Ю.М., Белова В.В., Машин В.В., Лопатко Д.Н., Белов В.Г. Клинико-неврологические и ультразвуковые критерии конституциональной венозной недостаточности при гипертонической энцефалопатии. // КМКВ. 2014. № 4. С. 12–15.
6. Ibukuro K, Fukuda H, Mori K, Inoue Y. Topographic anatomy of the vertebral venous system in the thoracic inlet. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11264111.
7. Gallup AC, Hack GD. Human paranasal sinuses and selective brain cooling: a ventilation system activated by yawning? https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21906886.
8. Tobinick E, Vega CP. The cerebrospinal venous system: anatomy, physiology, and clinical implications. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16915183.
9. Zenker W, Kubik S. Brain cooling in humans — anatomical considerations. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8838492.
10. Васильев И.А., Ступак В.В., Черных В.А., Половников Е.В., Черных Е.Р., Шевела Е.Я., Дергилев А.П. Патогенетические аспекты нарушения венозного кровообращения головного мозга. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-3. С. 23–26.
11. Стулин И.Д., Дибиров М.Д., Селезнев Ф.А., Подгорная О.А, Сазонова А.Г., Солонский Д.С., Труханов С.А. Клинико-инструментальная диагностика сочетанной венозной дисфункции мозга и конечностей. // Журнал Неврологии и Психиатрии. 2015. № 8 С 61–65.
12. Федин А.И. Венозная энцефалопатия. https://eskopharma.ru/images/pdf/fedin.pdf. [Fedin A.I. Venous encephalopathy. (In Russ)].
13. Шумилина М.В., Горбунова Е.В. Комплексная ультразвуковая диагностика нарушений венозного оттока. // Клиническая физиология кровообращения. 2009. №3. С. 21–29.
14. Стулин И.Д., Дибиров М.Д., Хорева Е.Т., Солонский Д.С., Кащеев А.В., Паневин А.И., Кажлаев Д.О., Селезнев Ф.А. Энцефалопатия пробуждения — синдром преходящей венозной дисгемииуфлебопатов. // Клиническая физиология кровообращения. №3. 2009. С. 33–36.
15. Gisolf J, van Lieshout JJ, van Heusden K, Pott F, Stok WJ, Karemaker JM. Human cerebral venous out-flow pathway depends on posture and central venous pressure. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15284348.
16. Monti L, Menci E, Ulivelli M, Cerase A, Bartalini S, Piu P, Marotti N, Leonini S, Galluzzi P, Romano DG, Casasco AE, Venturi C. Quantitative Colour Doppler Sonography evaluation of cerebral venous outflow: a comparative study between patients with multiple sclerosis and con-trols. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21966398.
17. Valdueza JM, von Münster T, Hoffman O, Schreiber S, Einhäupl KM. Postural dependency of the cerebral venous outflow. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10675123.
18. Абрамова М.Ф. Церебральный венозный кровоток. вопросы нормы, патологии, диагностики в детском возрасте. особенности ведения пациентов в амбулаторных условиях. // Клиническая физиология кровообращения №3 2013г. 22–27с.
19. Куликов В.П. Ультразвуковая диагностика сосудистых заболеваний. М.: ООО «Стром», 2007. — 492 с.
20. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология. М.: Реальное Время, 2003. 322 с.
21. Никитин Ю.М., Труханов А.И. Ультразвуковая допплеровская диагностика в клинике. Москва-Иваново: МИК, 2004. 496 с.
22. Farina M1, Novelli E, Pagani R. Cross-sectional area variations of internal jugular veins dur-ing supine head rotation in multiple sclerosis patients with chronic cerebrospinal venous insuffi-ciency: a prospective diagnostic controlled study with duplex ultrasound investigation. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24188184
23. Valdueza JM. Assessment of the venous system by ultrasound. 4rd Congress of the European Academy of Neurology. Lisbon, Portugal, June 16–19, 2018. https://www.ean.org/lisbon2018/fileadmin/user_upload/HoC05_03_Valdueza.pdf.
24. Чуканова Е.И., Чуканова А.С., Мамаева Х.И. Хроническая церебральная венозная недостаточность. Этиология, клиника, лечение. // Неврология/ревматология. 2018. Спецвыпуск № 5. С. 23–27.
25. Director L.T., Mackenzie D.C. Dural sinus thrombosis identified by point-of-care ultra-sound. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30269456.
26. Purkayastha S., Sorond F. Transcranial Doppler ultrasound: technique and application. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23361485.
27. Zamboni P. Why current Doppler ultrasound methodology is inaccurate in assessing cere-bral venous return: the alternative of the ultrasonic jugular venous pulse. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27006525.
28. Семенов С.Е., Шумилина М.В., Жучкова Е.А., Семенов А.С. Диагностика церебральной венозной ишемии. // Клиническая физиология кровообращения. 201. №2. С. 5–12.
29. Шумилина М.В., Макаренко В.Н., Карасева М.А. Инструментальная диагностика нарушений венозного оттока при венозной энцефалопатии. // Клин. физиология кровообращения. 2017. № 1. С. 51–56.
30. Benedikt G.H. Schoser M.D., Nils Riemenschneider and H. Christian Hansen M.D. The impact of raised intracranial pressure on cerebral venous hemodynamics: a prospective venous transcranial Doppler ultrasonography study.: https://doi.org/10.3171/jns.1999.91.5.0744
31. Connolly F, Schreiber SJ, Leithner C, Bohner G, Vajkoczy P, Valdueza JM. Assessment of in-tracranial venous blood flow after subarachnoid hemorrhage: a new approach to diagnose vas-ospasm with tran-scranial color-coded duplex sonography. J Neurosurg. 2018 Nov 1;129(5):1136-1142. doi: 10.3171/2017.5. JNS17232.
32. Hsu HY, Wang PY, Chen CC, Hu HH. Dural arteriovenous fistula after cerebral sinus thrombosis: a case study of serial venous transcranial color-coded sonography. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15284469.

33. Mark H Wilson. Monro-Kellie 2.0: The dynamic vascular and venous pathophysiological components of intracranial pressure. https://jounals. sagepub.com/ doi/full/10.1177/0271678X16648711.
34. Müller-Bühl, U. Jugular venenthrombose. Portsystemnicht optimal plaziert / U. Müller-Bühl // MMW Fortschr. Med. — 2010. — Vol. 152 (14). — P. 5.
35. Шахнович А.Р., Шахнович В.А. Неинвазивная оценка венозного кровообращения мозга, ликвородинамики и краниовертебральных объемных соотношений при гидроцефалии. // Клиническая физиология кровообращения. 2009. № 3. С.5–15.
36. Шагал Л.В., Барабанова М.А., Музлаев Г.Г., Блуменау И.С., Ухина Е.В. Состояние венозного церебрального кровотока при дисциркуляторной энцефалопатии. // Кубанский научный медицинский вестник. 2009. № 4 (109) С.159–162.
37. Патент РФ на изобретение № 2462996/10.10.12. Бюл №28. Иванов А.Ю. Способ диагностики нарушений венозного оттока по венам шеи. Ссылкаактивна 22.01.2020. http://www.freepatent.ru/patents/2462996.
38. Бурцев Е.М., Андреев А.В., Дьяконова Е.Н., Кутин В.А. Функциональная допплерография в детской ангионеврологии. // Тезисы доклада на VIII Международной конференции: Современное состояние методов неинвазивной диагностики в медицине. Сочи, 2001. С. 151–160.
39. Куимов А.Д., Челышева Л.В. Венозная дисциркуляция у больных артериальной гипертензией III стадии с различными ассоциированными клиническими состояниями. // Медицина и образование в Сибири. 2012. № 2. С. 35.
40. Ловрикова М.А., Жмеренецкий К.В., Заднепровская В.В. Оценка артериального и венозного кровотока у больных с атеросклеротическим поражением сосудов брахиоцефального бассейна. // Клиническая физиология кровообращения. 2018. № 1. С 40–49.

© Каллаева Абидат Нурулисламовна (Abidat.kallaeva@mail.ru); Рамазанов Руслан Сиражудинович (Doctorus71@yandex.ru);
Гаджиева Тутубича Абдурахмановна (tami2006@yandex.ru); Османова Аида Вахаевна (aida_osmanova_1907@mail.ru);
Гусейнова Резеда Камильевна (rezeda600512@mail.ru); Атаева Зульмира Наримановна (kzn1957@mail.ru); Газиева Патимат Алибековна (gpa.89@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.29

МЕСТО РЕНТГЕНХИРУРГИИ В ОНКОГИНЕКОЛОГИИ

THE PLACE OF X-RAY SURGERY IN ONCOGYNECOLOGY

F. Trifonov
V. Kucherov
A. Petrosyan
D. Nadinsky
I. Igolnikov
L. Krikunova

Summary. The development of X-ray surgical methods in medicine is accompanied by their introduction into oncological practice, where they are mainly represented by such methods as: superselective intra-arterial chemotherapy, embolization and chemoembolization. The use of X-ray endovascular occlusion or embolization of the arterial vessel that feeds the tumor demonstrates a slowdown in tumor growth with subsequent tumor necrosis. X-ray surgical methods can be used both to stop bleeding and reduce the severity of pain (as an independent method), and as part of complex and combined therapy.

The growth of malignant neoplasms of the pelvic organs in women places increased demands on the choice of management tactics to achieve the maximum therapeutic effect and ensure a good prognosis of life and disease.

The use of X-ray surgery methods in oncogynecology is a relevant and promising direction, since bleeding in this category of patients is the most common complication.

The effectiveness of X-ray surgical methods in oncogynecology has been demonstrated in a number of works by domestic and foreign researchers.

Keywords: X-ray surgery, oncogynecology, cervical cancer, embolization, chemoembolization.

Трифонов Федор Александрович
врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению, МРНЦ им. А.Ф. Цыба — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ РФ
dr.trifonov.mrrc@gmail.com
Кучеров Валерий Владимирович
к.м.н., заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения МРНЦ им. А.Ф. Цыба — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ РФ
Петросян Артур Павлович
к.м.н., врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению, МРНЦ им. А.Ф. Цыба — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ РФ
Надинский Дмитрий Олегович
врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению, МРНЦ им. А.Ф. Цыба — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ РФ
Игольников Илья Борисович
врач сердечно-сосудистый хирург, МРНЦ им. А.Ф. Цыба — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ РФ
Крикунова Людмила Ивановна
д.м.н., профессор, главный научный сотрудник, МРНЦ им. А.Ф. Цыба — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ РФ

Аннотация. Развитие рентгенхирургических методов в медицине сопровождается их внедрением в онкологическую практику, где они представлены, в основном, такими методиками, как: суперселективная внутриартериальная химиотерапия, эмболизация и химиоэмболизация. Применение рентгенэндоваскулярной окклюзии или эмболизации артериального сосуда, который питает опухоль, демонстрирует замедление роста опухоли с последующим ее некрозом. Рентгенхирургические методы могут быть использованы как для остановки кровотечений и уменьшения выраженности болевого синдрома (в качестве самостоятельного метода), так и в составе комплексной и комбинированной терапии.

Рост злокачественных новообразований органов малого таза у женщин предъявляет повышенные требования к выбору тактики ведения для достижения максимального лечебного эффекта и обеспечения хорошего прогноза жизни и заболевания.

Использование методов рентгенхирургии в онкогинекологии является актуальным и перспективным направлением, поскольку кровотечение у данной категории пациентов представляет наиболее часто встречаемое осложнение.

Эффективность рентгенхирургических методов в онкогинекологии продемонстрирована в ряде работ отечественных и зарубежных исследователей.

Ключевые слова: рентгенхирургия, онкогинекология, рак шейки матки, эмболизация, химиоэмболизация.

Введение

Интервенционная радиология является быстро развивающейся областью, которая в некоторых зарубежных странах является золотым стандартом лечения онкологической патологии как в качестве самостоятельного метода, так и в сочетании с другими используемыми на современном этапе [1, 2].

Опухоли органов малого таза у женщин представляют значимую медико-социальную проблему в мире. За последние десятилетия рак шейки и тела матки вызвал значительный рост заболеваемости и смертности миллионов женщин. Во всем мире рак шейки матки является четвертым наиболее распространенным раком у женщин после рака молочной железы, колоректального рака и рака легких, на его долю ежегодно приходится 600000 новых случаев и 340000 летальных исходов [3]. В 2020 году было выявлено 65620 новых случаев рака тела матки (3,6 % всех новых случаев рака) и 12590 летальных исходов (2,1 % всех смертей от рака) [4]. Несмотря на огромный прогресс в диагностике, профилактике и лечении, данная патология по-прежнему является смертельной для многих женщин, особенно в странах с низким уровнем дохода [5]. Кроме того, сохраняется тенденция неуклонного роста количества больных молодого возраста; более 60% пациенток относятся к возрастной группе 25–39 лет.

Известно, что кровотечение является частым осложнением гинекологических опухолей, угрожающим жизни пациенток. Как правило, хроническое кровотечение приводит к развитию анемии, ограничивающей применение специального лечения в этой группе больных, которые, как правило, имеют сопутствующие онкологическому процессу хронические заболевания, ограничивающие показания к хирургическому лечению.

В связи с этим совершенствование существующих и разработка новых подходов к ведению пациентов данной группы представляется важной клинической задачей. К основным преимуществам рентгенэндоваскулярных вмешательств в сравнении с другими методами противоопухолевой и гемостатической терапии относят малую инвазивность и остановку кровотечения, а также возможность применение как варианта самостоятельного симптоматического и паллиативного метода в лечении злокачественных опухолей тела и шейки матки [6].

Цель работы — анализ литературных данных, посвященных вопросу рентгенхирургии в онкогинекологии.

В ряде исследований отмечено, что рентгеноэндоваскулярные вмешательства являются одними из современных методов, которые повышают эффективность лечения местно-распространенных форм рака шейки матки, осложненных кровотечением [7,8,9]. Применение рентгенэндоваскулярных вмешательств в качестве 1-го этапа лечения при раке шейки матки II–IVa стадий позволяет выполнить радикальную операцию у 63 % изначально неоперабельных больных [10, 11, 12].

В исследовании Gui T. et al. было выполнено сравнение внутриартериального и внутривенного введения химиопрепарата (цисплатин 70 мг/м^2 в 1-й день, 5-флуурацил 1000 мг/м^2 в 1–4-й день) при местно-распространенном раке шейки матки. Внутриартериальную интервенционную химиотерапию проводили через катетеризацию правой бедренной артерии. Общий показатель ответа на терапию составил 84,9 % при внутриартериальном введении и 88,2 % — при внутривенном. Достоверных различий в токсичности, длительности хирургического вмешательства, периоперационной кровопотере и осложнений между двумя группами выявлено не было. Показатели рецидивов, отдаленных метастазов и 5-летней выживаемости также были сопоставимы [13].

В настоящее время все большее внимание исследователей уделяется неоадъювантной внутриартериальной химиотерапии в комбинированном лечении местно-распространенного рака шейки матки. Использование данного метода расширяет показания для проведения оперативного лечения среди пациенток, страдающих первично-нерезектабельным раком шейки матки [14].

Wen H. et al. в проспективном рандомизированном контролируемом исследовании анализировали результаты неоадъювантного лечения пациентов (123 женщины) с раком шейки матки стадий от IB2 до IIA. Женщины получали один из следующих четырех видов лечения: радикальное хирургическое вмешательство, брахитерапия общей дозой 5 Гр в точке А с последующей радикальной операцией, внутривенная химиотерапия цисплатином 50 мг/м и фтороуцилом 750 мг/м^2 с интервалом в 2 недели в течение двух курсов с последующей радикальной операцией и внутриартериальная химиотерапия по той же схеме, что и внутривенная химиотерапия с последующей радикальной операцией. Частота клинического общего ответа составила 61,3 %, 42,9 % и 79,3 % при брахитерапии, внутривенной химиотерапии и внутриартериальной химиотерапии соответственно. Трехлетняя выживаемость без прогрессирования — 70,7%, 66,3 %, 81,5 % и 79,7 %; трехлетняя общая выживаемость — 73,3 %, 68,3 %, 82,9 % и 80,4 % соответственно [15]. Систематический обзор и метаанализ пяти рандомизированных клинических исследований, включавших 872 пациента с местно-распространенным раком шейки матки, показали, что по сравнению с одной лучевой терапией использование неоадъювантной химиотерапии и радикальной гистерэктомии (с послеоперационной лучевой терапией или без нее) значительно улучшает

двух- и пятилетнюю выживаемость пациентов на 8–14 % и 12–16 % соответственно [16].

Эффективность применения внутриартериальной химиотерапии по сравнению с внутривенной химиотерапией до сих пор вызывает споры, однако в нескольких литературных источниках показано, что внутриартериальная химиотерапия имеет более высокую частоту ответа (84–92 %). Также актуальным является вопрос безопасности такого проводимого лечения у женщин в пременопаузе вследствие возможного токсического воздействия на функции яичников при введении противоопухолевых препаратов через маточные артерии. В существующей литературе до сих пор нет конкретных сообщений о специфичных для неоадъювантной внутриартериальной химиотерапии нежелательных явлениях. В работе единичных авторов (Liu C.et al.) были отмечены такие нежелательные явления, как: нейтропения, анемия и тромбоцитопения. Однако выявленные нарушения были временными и женщины быстро восстанавливались после лечения [17].

Что касается использования неоадъювантной внутриартериальной химиотерапии для лечения рака шейки матки на ранней стадии, в работах сообщалось об использовании различных схем противоопухолевой химиотерапии, но схемы на основе платины попрежнему считаются золотым стандартом.

На основании экспериментальных исследований было показано, что направленная внутриартериальная доставка цитостатиков обеспечивает повышение локальной концентрации их в опухоли более чем в 10 раз по сравнению с системной химиотерапией [18,19].

Применение процедуры эмболизации в случаях кровотечения при местно-распространенном раке шейки матки продемонстрировало свою эффективность в некоторых исследованиях.

В работе Alméciga A. et al. при исследовании 52 женщин с местно-распространенным раком шейки матки (от 26 до 70 лет) в 34 случаях (72,4 %) была выполнена эмболизация маточных артерий, подчревных артерий — в 13 (27,6 %) У 42 пациентов (89,3 %) была выполнена двусторонняя селективная эмболизация, у пяти (10,7 %) — односторонняя селективная эмболизация Остановка кровотечения после эмболизации была достигнута в 95,7 % случаев в первые 24 часа [20].

J.M. Pisco et al. в своей работе при выполнении эмболизации, внутренней подвздошной артерии у 108 женщин, страдающих тазовыми опухолями, была зарегистрирована полная остановка кровотечения в 60 % случаев, частичная — в 21 % случаев [21].

В исследовании Roxana E. B. транскатетерная эмболизация маточных артерий в качестве паллиативного лечения была выполнена у 33 женщин (5,45 %) с раком шейки матки и эндометрия. Авторы пришли к выводу, что преимущества эмболизации маточных артерий связаны с остановкой кровотечения в 100 % случаев, что значительном расширении возможностей для коррекции вторичной анемии [22].

Отечественные и зарубежные данные литературы подтверждают факт того, что совместное проведение внутриартериальной химиотерапии в сочетании с эмболизацией маточных артерий демонстрирует лучшие результаты комплексного лечения и создает оптимальные условия для проведения хирургического этапа лечения [23,24,25].

В основном в проводимых исследованиях по поводу проведения химиоэмболизации изучаются современные эмболизационные материалы и препараты на основе платины (цисплатина) [26].

Результаты химиоэмболизации были оценены в работе Akhmedov O. et al., где в течение 9 лет проводили лечение 246 женщин с раком шейки матки стадии IIb–IVa по FIGO. Лечение заключалось в двусторонней инфузии во внутреннюю подвздошную артерию метотрексата 50 мг/м^2, фторурацила 1000 мг/м^2, цисплатина 100 мг/м^2 по схеме. Химиоэмболизация внутренних подвздошных артерий с двух сторон осуществлялась доксорубицином 40 мг/м^2 64 больным. Пациенткам III стадии, ответившим на неоадъювантную внутриартериальную химиотерапию или химиоэмболизацию, и пациенткам стадии IIb была выполнена радикальная гистерэктомия с тазовой лимфаденэктомией. Пациенты со стадией III, не отвечающие на неоадъювантную химиотерапию, получали химиоэмболизацию, а все пациенты со стадией IV получали лучевую терапию таза. Полный ответ был достигнут у 36 (14,6 %) из 246 больных, частичного ответа не было у 196 (79,6 %), стабилизация заболевания у 10 (4,1 %) и прогрессирование заболевания у 4 (1,62 %). Пятилетняя безрецидивная выживаемость составила 82,0 % у больных со IIб стадией и 57,3 % у больных с III стадией. На стадии IIIb 5-летняя безрецидивная выживаемость у пациентов, перенесших операцию (65,8 %), была выше, чем безрецидивная выживаемость у пациентов, получавших лучевую терапию (41,2 %) ($p < 0,05$) [27].

Отечественными исследователями была изучена эффективность суперселективной химиоэмболизации при местно-распространенном раке шейки матки на основании результатов данных 17 пациенток с раком шейки матки IB2-IIIB стадии, которым она была проведена с использованием микросфер HepaSphere, наполненных лекарственным средством. В качестве цитостатика использовали оксалиплатин (100 мг). Ответ на лечение оце-

нивали с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) через 3 недели. Наилучший ответ на лечение был зарегистрирован среди пациентов со стадией IB2, стабилизация достигнута у 4/17 (67 %) пациентов, частичный ответ — у 2/17 (33 %). У пациентов с IIA стадией заболевания частичный ответ наблюдался у 2/17 (67 %) пациентов. У 1 больного установлена стабилизация процесса. Среди пациентов с IIIB стадией заболевания наилучший ответ на лечение был достигнут у 1 пациента, у которого было отмечено уменьшение размера опухоли на 13 %. В остальных 2 случаях эффект лечения был незначительным (уменьшение размера опухоли на 5 и 6 %) [28].

В работе других отечественных ученых были изучены основные параметры МРТ, характеризующие результаты трансартериальной химиоэмболизации в лечении женщин с первичными и рецидивирующими опухолями малого таза. Авторами был выделен такой параметр, как объем опухолевого образования, который максимально отражает изменения после трансартериальной химиоэмболизации [29]. Трансматочная артериальная химиотерапия цисплатином с последующей трансматочной эмболизацией артерий в некоторых работах продемонстрировала относительно высокие показатели клинического и патологического ответа [30, 31].

Тем не менее, использование методов рентгенхирургии в онкогинекологии не всегда обеспечивает достижение полного результата. Это связано с рядом факторов, среди которых: множественный характер кровоснабжения опухоли, гиповаскулярность, химиорезистентность и т.д. В связи с этим разработка методов взаимного усиления рентгенхирургических и других методов воздействия (интерстициальный, лучевой и гипертермический) является перспективным направлением дальнейших исследований [32].

Вывод

Методы рентгенхирургии в онкогинекологии применяются в как в составе комплексного и комбинированного лечения, так и в качестве самостоятельного симптоматического и паллиативного метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Налгиева Ф.Х., Шаназаров Н.А. Проблема лечения осложненного рака шейки матки на современном этапе // Фундаментальные исследования. — 2011. — № 11-1. — С. 221-226; URL: https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=28980 (дата обращения: 23.02.2023).
2. Hu J, Albadawi H, Chong BW, Deipolyi AR, Sheth RA, Khademhosseini A, Oklu R. Advances in Biomaterials and Technologies for Vascular Embolization. Adv Mater. 2019 Aug;31(33):e1901071. doi: 10.1002/adma.201901071. Epub 2019 Jun 6. PMID: 31168915; PMCID: PMC7014563.
3. Carly A. Burmeister, Saif F. Khan, Georgia Schäfer, Nomonde Mbatani, Tracey Adams, Jennifer Moodley, Sharon Prince,Cervical cancer therapies: Current challenges and future perspectives, Tumour Virus Research, Volume 13, 2022, 200238, ISSN 2666-6790, https://doi.org/10.1016/j.tvr.2022.200238.
4. Chelmow, David MD; Brooks, Rebecca MD; Cavens, Arjeme MD; Huber-Keener, Kathryn MD, PhD; Scott, Dana M. MD; Sheth, Sangini S. MD, MPH; Whetstone, Sara MD, MHS; Worly, Brett MD, MBA; Burke, William MD. Executive Summary of the Uterine Cancer Evidence Review Conference. Obstetrics & Gynecology 139(4):p 626-643, April 2022. | DOI: 10.1097/AOG.0000000000004711
5. Brüggmann D, Quinkert-Schmolke K, Jaque JM, Quarcoo D, Bohlmann MK, Klingelhöfer D, Groneberg DA. Global cervical cancer research: A scientometric density equalizing mapping and socioeconomic analysis. PLoS One. 2022 Jan 6;17(1):e0261503. doi: 10.1371/journal.pone.0261503. PMID: 34990465; PMCID: PMC8735629.
6. Куркин, Н.В. Химиоэмболизация маточных артерий в лечении рака тела и шейки матки / Н.В. Куркин, А.З. Альмяшев //. — 2019. — № 46-5. — С. 57–59. — DOI 10.18411/lj-01-2019-105. — EDN ZQZENN.
7. Gao, Juan MD; Li, Xiaobing MD; Chen, Jianwei MD; Gong, Weidong PhD; Yue, Kun MD; Wu, Zhiqun PhD*. Uterine artery embolization combined with local infusion of methotrexate and 5— fluorouracil in treating ectopic pregnancy: A CONSORT-compliant article. Medicine 97(5):p e9722, February 2018. | DOI: 10.1097/MD.0000000000009722
8. Mouli SK, Gupta R, Sheth N, et al. Locoregional therapies for the treatment of hepatic metastases from breast and gynecologic cancers. Semin Intervent Radiol. Mar 2018;35:29–34. doi: 10.1055/s-0038-1636518
9. Zhang S, Yan H, Ji WT. Uterine artery embolization combined with intra-arterial MTX infusion: its application in treatment of cervical pregnancy. Arch Gynecol Obstet 2016;293:1043–7.
10. Парсян Ш.Г., Лисянская А.С., Куканов М.А. и др. Сравнительная оценка методов неоадъювантной внутриартериальной химиотерапии и химиоэмболизации лекарственно-насыщаемыми микросферами с последующим хирургическим лечением при раке шейки матки II–IVa стадий. Опухоли женской репродуктивной системы 2019;15(1):42–50.
11. Ashrafyan L.A., Aleshikova O.I., Babaeva N.A., Antonova I.B., Ivashina S.V., Vashakmadze S.L., Myagkova A.A., Motskobili T.A. Complex ultrasound diagnostic assessment of the results of neoadjuvant chemotherapy for locally advanced cervical cancer (stages IIB–IIIB). 2015–11–2-76–81.
12. Tsubamoto Hiroshi, Yamamoto Satoshi, Kanazawa Riichiro, Sakane Riya, Honda Okuto, Kobayashi Kaoru, Shibahara Hiroaki, Hirota Shozo. Prognostic Factors for Locally Advanced Cervical Cancer Treated with Neoadjuvant Intravenous and Transuterine Arterial Chemotherapy Followed by Radical Hysterectomy // International Journal of Gynecological Cancer.2013;23(8):1470–1475.
13. Gui T, Shen K, Xiang Y, Pan L, Lang J, Wu M, Huang H, Cao D, Yang J. Neoadjuvant chemotherapy in locally advanced cervical carcinoma: which is better, intravenous or intra-arterial? Onco Targets Ther. 2014; 7:2155-60. https://doi.org/10.2147/ott.s67633.

14. Kanao, S., Miyatake, T., Naoi, H., Takeda, M., Miyoshi, A., Mimura, M., Nagamatsu, M., Yokoi, T. Clinical Efficacy of Intra-Arterial Neoadjuvant Chemotherapy for Cervical Cancer. Journal of Clinical Gynecology and Obstetrics, North America, 6, jul. 2017. Available at: <https://www.jcgo.org/index.php/jcgo/article/view/435/294>. Date accessed: 11 Mar. 2023.
15. Wen H, Wu X, Li Z, Wang H, Zang R, Sun M, Huang X, Zhang Z, Cai S. A prospective randomized controlled study on multiple neoadjuvant treatments for patients with stage IB2 to IIA cervical cancer. Int J Gynecol Cancer. 2012; 22:296–302. https://doi.org/10.1097/IGC.0b013e31823610a1.
16. Neoadjuvant Chemotherapy for Cervical Cancer Meta-Analysis Collaboration. Neoadjuvant chemotherapy locally advanced cervical cancer: a systematic review and meta-analysis of individual patient data from 21 randomised trials. European Journal of Cancer. 2003;39:2470–2486.
17. Liu C, Cui R, Li M, Feng Y, Bai H, Zhang Z. The Safety and Efficacy of Intra-Arterial versus Intravenous Neoadjuvant Chemotherapy in Patients with Locally Advanced Cervical Cancer: A Meta-Analysis. Evid Based Complement Alternat Med. 2020 Feb 25;2020:5023405. doi: 10.1155/2020/5023405. PMID: 32184892; PMCID: PMC7061105.
18. Рерберг А.Г., Костин А.А., Бойко А.В., Новикова Е.Г., Волченко Н.Н., Чулкова О.В., Демидова Л.В., Хохриков Г.И., Сидоров Д.Ю., Геворкян А.Р. Неоадъювантная комбинированная химиотерапия у больной раком шейки матки IIIb стадии с использованием внутриартериального введения препаратов платины // Research'n Practical Medicine Journal. 2017. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/neoadyuvantnaya-kombinirovannaya-himioterapiya-u-bolnoy-rakom-sheyki-matki-iiib-stadii-s-ispolzovaniem-vnutriarterialnogo-vvedeniya (дата обращения: 23.02.2023).
19. Регионарная химиотерапия: современный подход в лечении местно-распространенного рака шейки матки / А.Д. Каприн, Е.Г. Новикова, А.Г. Рерберг [и др.] // Онкогинекология. — 2019. — № 3(31). — С. 51–60. — DOI 10.52313/22278710_2019_3_51. — EDN YJFRZP.
20. Alméciga A, Rodriguez J, Beltrán J, Sáenz J, Merchán A, Egurrola J, Burbano J, Trujillo L, Heredia F, Pareja R. Emergency Embolization of Pelvic Vessels in Patients With Locally Advanced Cervical Cancer and Massive Vaginal Bleeding: A Case Series in a Latin American Oncological Center. JCO Glob Oncol. 2020 Sep;6:1376-1383. doi: 10.1200/GO.20.00239. PMID: 32903119; PMCID: PMC7529508.
21. Кедрова А.Г., Лебедев Д.П., Астахов Д.А. и др. Применение гепасфер для химиоэмболизации злокачественных опухолей малого таза как этап комплексного лечения. Опухоли женской репродуктивной системы 2018;14(4):35–42.
22. Roxana Elena Bohîlţea, Bogdan Dorobaţ, Maria Mădalina Doldur, Ana-Maria Cioca, Ioniţa Ducu, Bianca Margareta Mihai, Corina-Aurelia Zugravu, Corina Grigoriu, Valentin Varlas. Uterine Arteries Embolization—A Rescue Tool for Acute Vaginal Bleeding in Late Stages of Gynecologic Malignancies. Clin. Exp. Obstet. Gynecol. 2022, 49(6), 142. https://doi.org/10.31083/j.ceog4906142
23. Souki D.Z., Touhami O., Rajhi H., et al. Selective arterial embolization in case of bleeding in advanced cervical cancer. Tunis Med. 2013. V. 91. No. 8-9. P. 558–559.
24. Порханова Н.В., Мурашко Р.А., Цаплина Н.Н. Химиоэмболизация — этап комплексного лечения распространенных форм рака шейки матки. Злокачественные опухоли. 2016. Т. 4. № 20. С. 141–142.
25. Черенков В.Г., Петров А.Б., Строженков М.М. Новые технологии и реконструктивные операции в диагностике и лечении опухолей женских репродуктивных органов. Вестн. Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2016. Т. 1. №. 92. С. 50–53.
26. Бабаева Н.А., Антонова И.Б., Алешикова О.И. Роль селективной химиоэмболизации маточных артерий в комплексном лечении местнораспространенного рака шейки матки. Доктор.Ру. 2018. Т. 2. № 146. С. 20–25.
27. O. Akhmedov N. Zakhirova, N. Umarova. Neoadjuvant intraarterial chemotherapy and chemoembolization in locally advanced cervix cancer. Abstracts gynaecological cancers. 2018. 29(9): IX81
28. Максимов С.Я., Хаджимба А.С., Ильин А.А., Плетнева А.В., Смирнова М.П., Балахнин П.В. Суперселективная химиоэмболизация при местнораспространенном раке шейки матки. Акушерство и гинекология/Акушерство и гинекология. 2020; 1(Прил.): 98-104 (на русском языке) https://dx.doi.org/10.18565/aig.2020.1suppl. 98–104
29. Звездкина Е.А., Кедрова А.Г., Лебедев Д.П., Панченков Д.Н., Степанова Ю.А. Особенности анализа магнитно-резонансной томографии для трансартериальной химиоэмболизации лекарственно насыщаемыми микросферами в онкогинекологии // Альманах клинической медицины. — 2022. — Т. 50. — №4. — С. 226–236. doi: 10.18786/2072-0505-2022-50-033
30. S. Wang et al. The evaluation of uterine artery embolization as a nonsurgical treatment option for adenomyosis Int. J. Gynaecol. Obstet.(2016).
31. T. Hu et al. Matched-case comparison of neoadjuvant chemotherapy in patients with FIGO stage IB1-IIB cervical cancer to establish selection criteria Eur. J. Cancer (2012)
32. Habanova H, Mikula P, Tvrdik T, Dedinska E, Komaromy K, Rusnak I. Emergency Uterine Artery Embolization Used for Managing Profuse Intra-Abdominal Bleeding and Uterine Rupture in a Patient with Advanced Cervical Cancer. Diagnostics (Basel). 2022 Apr 26;12(5):1081. doi: 10.3390/diagnostics12051081. PMID: 35626237; PMCID: PMC9139450.

© Трифонов Федор Александрович (dr.trifonov.mrrc@gmail.com); Кучеров Валерий Владимирович; Петросян Артур Павлович; Надинский Дмитрий Олегович; Игольников Илья Борисович; Крикунова Людмила Ивановна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.35

ТАКТИКИ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ШИЗОФРЕНИЕЙ И САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА

TACTICS OF TREATMENT OF PATIENTS WITH SCHIZOPHRENIA AND TYPE 2 DIABETES MELLITUS

D. Cherepakhin
P. Aronov

Summary: This article presents an overview of the current problem of comorbidity of schizophrenia and type 2 diabetes mellitus, diseases that significantly limit the quality of life of patients and present significant difficulties in management. We aim to clarify the existing understanding of the factors contributing to the joint manifestation of these diseases, highlighting the potential role of genetic, epigenetic and environmental factors in this regard.

Particular attention is paid to the effect of antipsychotic drugs on glucose metabolism and the development of insulin resistance, which may contribute to the development of diabetes mellitus in patients with schizophrenia. Data from the most relevant studies on this issue are presented, as well as possible strategies for managing these states are discussed.

The purpose of this article is not only to collect and systematize existing information on the comorbidity of schizophrenia and type 2 diabetes, but also to stimulate further research in this area to develop effective approaches to the diagnosis, treatment and management of these diseases.

Keywords: words: schizophrenia, type 2 diabetes mellitus, comorbidity, antipsychotic drugs, insulin resistance, hyperglycemia, diabetes management, adipocytes, glucose transport.

Черепахин Дмитрий Игоревич
Психиатр, Психиатрическая клиническая больница №1 имени Н.А. Алексеева
dimadimacher@gmail.com
Аронов Павел Владимирович
Кандидат медицинских наук, доцент, Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий
info@fnkc-fmba.ru

Аннотация. В этой статье представлен обзор актуальной проблемы коморбидности шизофрении и сахарного диабета 2 типа, заболеваний, существенно ограничивающих качество жизни пациентов и представляющих значительные трудности в управлении. Мы стремимся прояснить существующее понимание факторов, способствующих совместному проявлению этих заболеваний, освещая потенциальную роль генетических, эпигенетических и окружающих факторов в этой связи.

Особое внимание уделяется влиянию антипсихотических препаратов на метаболизм глюкозы и развитие инсулинорезистентности, что может способствовать развитию сахарного диабета у пациентов с шизофренией. Приводятся данные из наиболее актуальных исследований по этому вопросу, а также обсуждаются возможные стратегии управления данными состояниями.

Цель данной статьи — не только собрать и систематизировать существующую информацию о коморбидности шизофрении и диабета 2 типа, но и стимулировать дальнейшие исследования в этой области для разработки эффективных подходов к диагностике, лечению и управлению этими заболеваниями.

Ключевые слова: слова: шизофрения, сахарный диабет 2 типа, коморбидность, антипсихотические препараты, инсулинорезистентность, гипергликемия, управление диабетом, адипоциты, транспорт глюкозы.

Введение

Шизофрения и сахарный диабет типа 2 — это два серьезных, хронических заболевания, которые сильно влияют на качество жизни людей. Они оба относятся к категории заболеваний, для которых характерен сложный ход, высокий уровень сложности управления и потенциально серьезные последствия. Более того, эти два заболевания часто встречаются вместе: люди с шизофренией имеют более высокий риск развития сахарного диабета типа 2, и наоборот. Это увеличивает сложность их управления и наглядно демонстрирует необходимость глубокого понимания механизмов их взаимодействия.

Точные механизмы, лежащие в основе этой коморбидности, до конца не изучены. Считается, что генетические, эпигенетические и окружающие факторы могут играть ключевую роль. Однако, чтобы более полно понять эти механизмы и разработать эффективные стратегии управления этими состояниями, требуется дальнейшее исследование.

Шизофрения и сахарный диабет 2-го типа (СД2) демонстрируют взаимосвязь, выраженную в повышенной коморбидности этих двух заболеваний. Шизофрения, страдающая, согласно исследованиям, 0.5–1 % всемирного населения, представляет собой серьезную проблему общественного здравоохранения (World Health Organization, 2021). Аналогично, СД2, поражающий примерно 8.8 % населения глобально, вызывает значительные общественные затраты и болезненные последствия для заболевших [1, с. 552].

Предшествующие исследования показали, что пациенты с шизофренией имеют двукратно высокий риск

развития СД2 по сравнению с общим населением, что делает это заболевание важной областью исследований. Действительно, данные мета-анализа, проведенного [5, с. 70], показывают увеличенный в два раза риск развития СД2 у людей с шизофренией, с оценкой общего эффекта OR=2.10, 95 % CI: 1.80–2.45.

Кроме того, вопрос о влиянии антипсихотических препаратов на обмен глюкозы и развитие диабета 2 типа все еще является предметом дискуссий и требует дополнительных исследований. В данной статье мы обсудим существующие исследования, связанные с этим вопросом, а также рассмотрим потенциальные стратегии управления шизофренией и сахарным диабетом 2 типа.

Нашей целью является представление актуального состояния этой области, чтобы стимулировать дальнейший прогресс в изучении этих заболеваний и улучшение подходов к их управлению.

Обзор литературы

Согласно современным исследованиям, шизофрения и сахарный диабет типа 2 нередко сопутствуют друг другу, влек за собой уникальные проблемы в управлении и лечении этих состояний. В рамках одного из таких исследований, проведенного Янг и его коллегами в 2019 году, было выявлено, что риск развития сахарного диабета типа 2 у людей со шизофренией увеличивается в 2–5 раз по сравнению с общей популяцией [12]. Это указывает на наличие потенциальной связи между этими двумя состояниями, хотя точные механизмы этой связи до сих пор требуют уточнения. В 2015 году Шиизаки провел обзор, который подчеркивает сложности, связанные с управлением диабетом у пациентов со шизофренией [10]. В этом обзоре предлагаются стратегии управления диабетом, которые могут оказаться полезными для врачей общей практики и эндокринологов при работе с этой специфической группой пациентов.

Тем не менее, исследование [6] подтверждает, что гипергликемия и диабет часто встречаются у пациентов со шизофренией или шизоаффективными расстройствами [6]. Однако остается неясным, является ли диабет у этих пациентов результатом их психиатрического состояния или является побочным эффектом их медикаментозного лечения.

Действительно, исследование в 2008 году поднимает этот важный вопрос и подчеркивает необходимость дальнейших исследований [9].

Исследование Вестри и его коллег, проведенное в 2006 году, указывает на возможность того, что атипичные антипсихотические препараты могут непосредственно влиять на действие инсулина в адипоцитах, влияя на транспорт глюкозы, липогенез и антилиполиз [8]. Это может объяснить, почему пациенты со шизофренией, которые принимают эти лекарства, часто страдают от сахарного диабета.

Несмотря на это, все эти данные подчеркивают необходимость дальнейших исследований, чтобы лучше понять взаимосвязь между шизофренией и сахарным диабетом типа 2, и разработать более эффективные подходы к управлению этими состояниями [11].

Результаты

Проведение нашего исследования происходило на базе факультета фундаментальной медицины МГУ. Две группы пациентов, по 26 человек в каждой, стали объектом нашего исследования. В контрольной группе участвовали пациенты, страдающие исключительно шизофренией. Экспериментальная группа включала в себя пациентов, болеющих одновременно шизофренией и сахарным диабетом 2 типа.

В основу диагностики было положено комплексное применение различных методик. Психологическое тестирование включало в себя следующие методики: шкалу симптомов PANSS, тестирование по шкале HAMD, применение шкалы GAF и оценку по шкале CGI. Кроме психологического тестирования, проводились обследования уровня глюкозы в крови с помощью глюкометра и определение уровня инсулина с помощью специализированного теста. Для установления генетической предрасположенности проводились два типа генетических анализов: полиморфный анализ и целегеномное секвенирование.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика основных показателей до и после лечения

Группа	Уровень глюкозы в крови до лечения, ммоль/л	Уровень глюкозы в крови после лечения, ммоль/л	Индекс массы тела до лечения, кг/м^2	Индекс массы тела после лечения, кг/м^2
Контрольная	5,3	5,3	85	85
Экспериментальная	7,9	6,47	95	76

Продолжительность мониторинга пациентов составила полгода, в течение которого еженедельно проводились измерения уровня глюкозы в крови (среднее значение в контрольной группе составило 5,3 ммоль/л, в экспериментальной — 7,9 ммоль/л), а также показатели метаболизма (в среднем по контрольной группе — 85 кг/м^2, по экспериментальной — 95 кг/м^2).

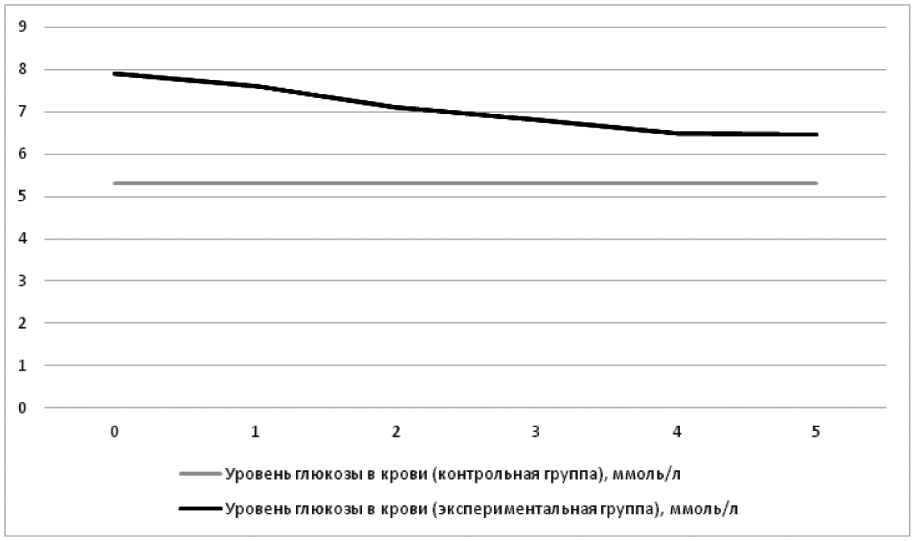


Рис. 1. Динамика уровня глюкозы в крови у пациентов контрольной и экспериментальной групп по количеству месяцев

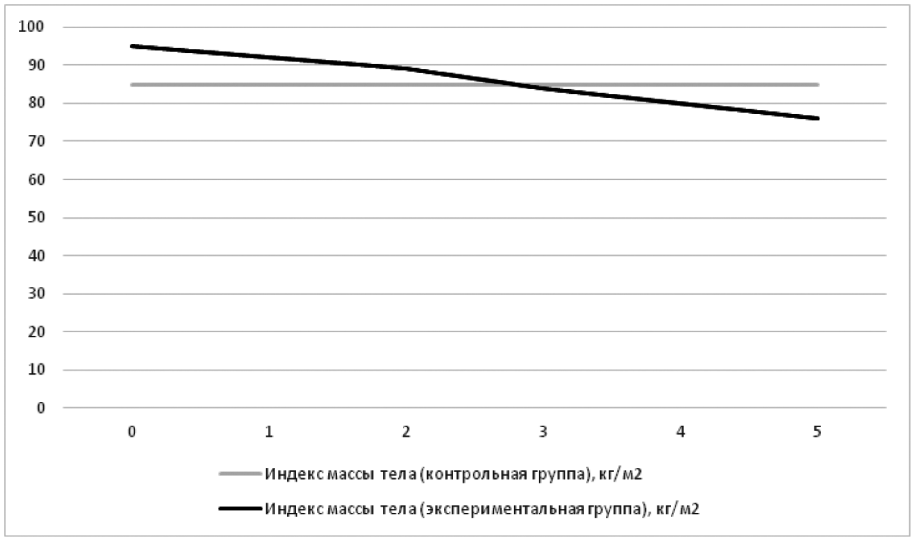


Рис. 2. Динамика изменения индекса массы тела у пациентов контрольной и экспериментальной групп в течение 5 месяцев

В ходе лечения использовались следующие подходы: рисперидон, оланзапин и клозапин как антипсихотическая терапия; а метформин и глимепирид применялись для лекарственного контроля уровня глюкозы в крови. Изначально, до коррекции лечения, в экспериментальной группе отмечались значительно более высокие показатели уровня глюкозы в крови и метаболизма. Однако, после 2 месяцев корректировки лечения, включая увеличение дозы препаратов для контроля уровня глюкозы в крови на 25 % и введения дополнительной поддерживающей терапии, было отмечено снижение уровня глюкозы на 18 % и метаболических показателей на 20 %.

Базируясь на данных нашего исследования, мы выяснили, что лечение пациентов с коморбидностью шизофрении и сахарного диабета 2-го типа отличается по своему подходу и эффективности в сравнении с лечением пациентов, страдающих исключительно шизофренией.

Основное отличие заключается в более активном взаимодействии медицинских специалистов разных профилей: психиатров и эндокринологов. Это особенно заметно на этапе коррекции лечения. В нашем исследовании пациенты с коморбидной патологией требовали увеличения дозы препаратов для контроля уровня глюкозы в крови на 25 % в сравнении с пациентами, страдающими исключительно шизофренией.

Причем, после 2 месяцев корректировки лечения, отмечено снижение уровня глюкозы на 18 % и метаболических показателей на 20 % в экспериментальной группе. В контрольной группе такого снижения показателей не наблюдалось, так как в ней не проводилось лечение для контроля уровня глюкозы.

Таблица 2.

Характеристика подходов к лечению

Группа	Используемые антипсихотические препараты	Используемые препараты для контроля уровня глюкозы в крови
Контрольная	Рисперидон, Оланзапин, Клозапин	—
Экспериментальная	Рисперидон, Оланзапин, Клозапин	Метформин, Глимепирид

Важным моментом является то, что в экспериментальной группе, изначально были выше показатели метаболического синдрома (в среднем 95 кг/м^2 против 85 кг/м^2 в контрольной группе). Это подчеркивает необходимость более тщательного и индивидуального подхода при выборе стратегии лечения для пациентов с коморбидной патологией.

В ходе проведенного исследования было установлено, что пациенты, страдающие одновременно шизофренией и сахарным диабетом 2 типа, требуют более детального подхода к лечению и контролю за состоянием их здоровья.

Обсуждение

1. Связь шизофрении и сахарного диабета 2 типа

Согласно данным различных исследований, существует значительная связь между шизофренией и сахарным диабетом 2 типа. Частота встречаемости диабета 2 типа среди людей со шизофренией значительно выше по сравнению с общей популяцией. Например, в исследовании Ян и коллег [12], было обнаружено, что люди, страдающие шизофренией, в 2–5 раза чаще страдают от диабета типа 2.

При этом, стоит отметить, что механизмы, лежащие в основе этой связи, пока не полностью изучены и поняты. Вероятно, наблюдаемая связь между шизофренией и диабетом 2 типа является результатом сложного взаимодействия между обоими заболеваниями, включая генетические и эпигенетические факторы, влияние окружающей среды, а также влияние факторов образа жизни и лечения [11].

Вместе с тем возникает вопрос о том, как именно шизофрения влияет на развитие диабета 2 типа. На данный момент, одним из предполагаемых механизмов является влияние антипсихотической терапии на обмен веществ [6]. Однако, эта гипотеза требует дальнейшего подтверждения.

Управление диабетом у пациентов с шизофренией представляет собой сложную задачу из-за специфики обоих заболеваний и возможных побочных эффектов от приема лекарств [10; 12].

Данная тема требует дальнейших исследований для того, чтобы более полно понять природу связи между шизофренией и диабетом 2 типа, а также для разработки более эффективных стратегий управления этими состояниями [8].

2. Управление диабетом у пациентов с шизофренией

Существуют данные, говорящие о наличии общих патофизиологических механизмов в развитии шизофрении и СД2. Согласно статье [7, с. 326], имеются убедительные доказательства того, что системы, регулирующие метаболизм глюкозы и нейронные функции, взаимосвязаны и могут взаимодействовать. В частности, наблюдается корреляция между дисфункцией инсулиновых рецепторов и риском развития шизофрении, в то время как обратная связь существует между нарушением глюкозного обмена и риском развития психотических симптомов.

Осуществление эффективного управления диабетом у пациентов, страдающих шизофренией, представляет собой особый вызов для медицинских профессионалов. Это связано как с характеристиками психического состояния этих пациентов, так и с потенциальными побочными эффектами от приема антипсихотических препаратов [9].

Важным аспектом этой задачи является создание и реализация специально адаптированных под эту группу пациентов стратегий управления диабетом. Это могут быть как традиционные методы контроля глюкозы в крови и медикаментозное лечение, так и стратегии, связанные с изменением образа жизни и включением физической активности в режим дня пациентов [6].

При этом необходимо учитывать, что у пациентов с шизофренией могут быть определенные проблемы, связанные с соблюдением лечения и диеты. Поэтому врачам и другим медицинским работникам, работающим с этими пациентами, важно строить доверительные отношения и активно вовлекать пациентов в процесс управления своим заболеванием [11]. Более того, важным компонентом управления диабетом у пациентов с шизофренией является наблюдение за возможными побочными эффектами от приема антипсихотических препаратов. В некоторых исследованиях указывается на возможность того, что эти препараты могут способствовать развитию диабета или ухудшить его течение [9].

Управление диабетом у пациентов со шизофренией требует комплексного и индивидуализированного подхода, включающего активное участие как пациентов, так и медицинских специалистов [8].

3. Влияние антипсихотических препаратов на обмен глюкозы

Существуют исследования, которые указывают на возможность влияния антипсихотической терапии на обмен глюкозы. Согласно этим данным, некоторые антипсихотические препараты могут воздействовать на функционирование инсулина и транспорт глюкозы в адипоцитах [10].

Такое влияние может вызвать развитие инсулинорезистентности — состояние, при котором клетки организма снижают свою чувствительность к действию инсулина. Инсулинорезистентность, в свою очередь, является важным фактором риска для развития сахарного диабета 2 типа [9] Антипсихотические препараты, используемые для лечения шизофрении, могут вносить существенный вклад в коморбидность с СД2. Первое поколение антипсихотиков (таких как хлорпромазин и галоперидол) связаны с увеличением массы тела и риском развития СД2. Второе поколение антипсихотиков, такие как оланзапин и клозапин, также связаны с увеличением массы тела и риском развития СД2, как указано в исследовании [11].

Антипсихотические препараты косвенно способствуют развитию диабета у пациентов с шизофренией. Однако этот механизм до сих пор не полностью понятен и требует дальнейшего изучения [6].

В то же время, важно отметить, что антипсихотическая терапия является критически важной для поддержания психического здоровья пациентов с шизофренией. Поэтому медицинским специалистам необходимо тщательно подходить к выбору лекарственных препаратов и регулярно контролировать состояние здоровья пациентов, включая уровень глюкозы в крови [8].

Направления дальнейших исследований

Проблема взаимосвязи шизофрении и сахарного диабета 2 типа привлекает все больше внимания ученых и клиницистов из-за своего влияния на качество жизни пациентов и сложности управления этими состояниями. Существующие исследования обнаруживают высокий уровень коморбидности этих заболеваний [10], что подчеркивает необходимость дальнейших исследований.

Механизмы, лежащие в основе взаимосвязи шизофрении и сахарного диабета 2 типа, остаются мало исследованными. Понимание этих механизмов требует более детального изучения и может включать анализ генетических и эпигенетических факторов, влияния окружающей среды и образа жизни пациентов [12; 11]. Также важным направлением исследований является вопрос о воздействии антипсихотической терапии на обмен глюкозы и риск развития сахарного диабета 2 типа [9]. Это вопрос активно обсуждается в научной среде и требует дополнительных исследований для получения окончательных выводов [6]. Важное место в исследовательской работе занимает разработка и тестирование эффективных стратегий управления диабетом 2 типа у пациентов с шизофренией. Эти стратегии должны быть комплексными, учитывать специфику обоих заболеваний и включать в себя как медикаментозные подходы, так и подходы, основанные на изменении образа жизни [6].

Детальный анализ геномных данных подчеркивает присутствие существенной генетической корреляции между шизофренией и сахарным диабетом 2-го типа. Выявленные генетические варианты, которые преобладают у лиц, страдающих от шизофрении, могут внести значительный вклад в повышение риска развития СД2 [11].

Согласно изучению социально-биологических параметров, существует связь между условиями жизни и риском обоих расстройств. Социальные детерминанты, включая географическую среду и уровень физической активности, оказывают заметное влияние на вероятность развития СД2, особенно среди городского населения, ведущего оседлый образ жизни [1, с. 522].

Важной частью пазла становится изучение метаболических профилей пациентов, страдающих одновременно от шизофрении и СД2. Установлены специфические отклонения в уровнях метаболитов, связанных с регуляцией инсулина, глюкозы и липидов, что может свидетельствовать о наличии уникального метаболического паттерна, подкрепляющего коморбидность шизофрении и СД2 [5, с. 72].

Нарушения сна, такие как апноэ и бессонница, представляются дополнительным фактором риска в развитии СД2 у лиц со шизофренией. Повышенная инцидентность сахарного диабета в 1.6 раза у этих пациентов указывает на важность учета соновых расстройств при оценке и управлении коморбидными состояниями [4, с. 32].

Психологический стресс, являясь известным триггером обоих заболеваний, играет существенную роль в совместном развитии этих двух патологий. Данный факт акцентирует внимание на необходимости проведения комплексного психологического сопровождения для пациентов, страдающих шизофренией, с целью предотвращения возможного развития СД2 [3, с. 76].

В целом, прогресс в управлении шизофренией и сахарным диабетом 2 типа в значительной степени зависит от продолжения исследований в этой области. Существует надежда, что будущие научные достижения помогут улучшить подходы к управлению этими заболеваниями и повысить качество жизни пациентов [11].

Заключение

Объединение данных из многих исследовательских работ указывает на сложное и многогранное взаимодействие между шизофренией и сахарным диабетом типа 2. Вместе они создают сложный узел заболеваний, который требует тщательного и комплексного подхода к лечению и управлению.

Однако, даже при наличии значительных свидетельств об увеличенной сопутствующей частоте этих заболеваний, механизмы, лежащие в основе этой связи, до сих пор остаются загадочными. Хотя предполагается, что генетические, эпигенетические и факторы окружающей среды могут играть роль, конкретные пути, которыми шизофрения может способствовать развитию диабета, и наоборот, требуют дальнейшего изучения.

Важность управления диабетом у пациентов с шизофренией не может быть недооценена. На данный момент предложены различные стратегии, но их эффективность еще предстоит установить в контексте данной группы пациентов. Возможно, будущее здесь — в индивидуализированных подходах, приспособленных к специфике каждого пациента.

Остается открытым вопрос о роли антипсихотических препаратов в развитии диабета. Несмотря на некоторые данные, указывающие на потенциальное негативное влияние этих препаратов на обмен глюкозы, точное влияние этих лекарств и возможные пути минимизации их побочных эффектов остаются предметом дальнейшего исследования.

Работа по раскрытию тайны взаимосвязи между шизофренией и сахарным диабетом типа 2 еще предстоит выполнить. Однако уже сейчас ясно, что этот вопрос имеет критическую важность для обеспечения здоровья и качества жизни миллионов пациентов по всему миру.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бохан Н.А., Семке В.Я. Коморбидность в наркологии. Томск: Издательство Томского университета; 2009. 522 с. Режим доступа: http://vital.lib.tsu. ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000395136.
2. Осколкова С.Н. Психосоматические нарушения как одна из причин гипо- и гипердиагностики шизофрении // Архив внутренней медицины. 2016. №1. С. 98–99.
3. Раджабов Х.Т., Хаятов Р.Б., Велиляева А.С. Клинико-психологические и нейрофизиологические особенности непсихотических психических расстройств у лиц пожилого возраста // Вестник науки и образования, 2020. №5 (59). С. 75–78.
4. Хаятов Р.Б., Велиляева А.С., Абдуразакова Р.Ш. Особенности возникновения и течения психоорганических расстройств при сахарном диабете // Достижения науки и образования, 2020. № 7 (61). С. 31–33.
5. Чернобровкина Т.В., Артемчук А.Ф., Сосин И.К., Никифоров И.А. Проблема коморбидности и современные формы алкогольной болезни (клинико-патогенетический аспект). Наркология. 2006;5(12):47–74. Режим доступа: https//elibrary.ru/item.asp?id=27811548.
6. Cohen D., Stolk R.P., Grobbee D.E., & Gispen-de Wied, C.C. (2006). Hyperglycemia and diabetes in patients with schizophrenia or schizoaffective disorders. PubMed. Доступно по адресу: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16567816/
7. Hubbard J.R., Martin P.R. Substance Abuse in the Mentally and Physically Disabled. 1st ed. Florida: CRC Press; 2001. 326 p. https://doi.org/10.1201/b14027.
8. Mamakou V., Thanopoulou A., Gonidakis F., Tentolouris N., & Kontaxakis V. (2018). Шизофрения и сахарный диабет 2 типа. PubMed. Доступно по адресу: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29754122/
9. Saddichha S., Manjunatha N., Ameen S., & Akhtar S. (2008). Diabetes and schizophrenia — effect of disease or drug? PsychRights. Доступно по адресу: https://psychrights.org/research/digest/NLPs/DiabetesAndSzActaP sych2008.pdf
10. Shinozaki K. (2015). An Overview of Diabetes Management in Schizophrenia Patients: Office Based Strategies for Primary Care Practitioners and Endocrinologists. Hindawi. Доступно по адресу: https://www.hindawi.com/journals/ije/2015/969182/
11. Vestri H.S., Maianu L., Moellering D.R., & Garvey, W.T. (2006). Atypical antipsychotic drugs directly impair insulin action in adipocytes: effects on glucose transport, lipogenesis, and antilipolysis. PubMed. Доступно по адресу: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16823387/
12. Yang W.-W., Zhang J.-W., Chen L.-L., Fu J.-Y., Zhu J.-Y., & Wang, Y.-B. (2019). Люди с шизофренией имеют риск заболеть сахарным диабетом 2 типа в 2–5 раз выше, чем общее население. PubMed. Доступно по адресу: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31555784/

© Черепахин Дмитрий Игоревич (dimadimacher@gmail.com); Аронов Павел Владимирович (info@fnkc-fmba.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2982.2023.7-2.36

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОГО РЕЗЕРВА ЛЕГКИХ У ПАЦИЕНТОВ ПЕРЕД ОПЕРАЦИЕЙ

RESTORATION OF THE RESPIRATORY RESERVE OF THE LUNGS IN PATIENTS BEFORE SURGERY

A. Chizhikov
Z. Abdullin
O. Yakovleva
U. Sharipov
I. Mukhtarov
I. Abdullin

Summary. Purpose of the study: The main purpose of this study was to investigate the effect of short-term respiratory reserve therapy in patients with impaired respiratory function who are about to undergo surgical treatment for lung cancer.

Materials and Methods: The study included 18 patients diagnosed with moderate COPD in remission from 50 to 72 years old (17 men and 1 woman aged 60 years). The diagnosis was morphologically verified as non-small cell lung cancer (NSCLC). Patients were selected to be functionally inoperable, despite a high risk of postoperative complications due to the development of respiratory failure, but suitable for surgical lung resection, based on the stage of the disease. Patients were offered a 2-week course of preoperative rehabilitation: walking more than 1 km per day, breathing exercises and inhalation therapy. Spirometry data: FEV1 (forced expiratory volume in 1 second), FVC (functional vital capacity), six-minute walking distance, maximum inspiratory and expiratory volumes. Preoperative and postoperative spirometry was assessed.

Results: After preoperative pulmonary rehabilitation, there was a marked improvement in spirometry, air conduction ($p<0.001$), maximum inspiratory volume (12 cm H_2O, $p<0.001$), 6-minute walk distance (53 m, $p<0.001$), forced vital lung capacity ($p<0.001$), predicted forced expiratory volume in 1 second (%) ($p = 0.001$), forced expiratory volume in one second = 150 ml, $p = 0.001$, Δ maximum forced expiratory volume in one second: 650 ml) and predicted maximum oxygen uptake ($p<0.001$). At the end of the rehabilitation course, 61% of patients ($n = 11$) evaluated by surgeons could be operated on.

Thus, it is advisable to send patients to rehabilitation before surgery before making a decision about the inoperability of the patient.

Keywords: lung cancer, COPD, respiratory function, preoperative rehabilitation course of treatment.

Чижиков Андрей Валерьевич
д.м.н., торакальный хирург, ГАУЗ Республиканский клинический онкологический диспансер, г. Уфа
Абдуллин Замир Салихович
врач-онколог, ГАУЗ Республиканский клинический онкологический диспансер, г. Уфа, tchandrey@mail.ru,
Яковлева Олеся Геннадьевна
врач-онколог, ГАУЗ Республиканский клинический онкологический диспансер, г. Уфа
Шарипов Урал Фердаусович
врач-анестезиолог, ГАУЗ Республиканский клинический онкологический диспансер, г. Уфа
Мухтаров Ильмир Винерович
врач-ординатор, ГАУЗ Республиканский клинический онкологический диспансер, г. Уфа
Абдуллин Ильмир Салихович
врач-ординатор, ГАУЗ Республиканский клинический онкологический диспансер, г. Уфа

Аннотация. Цель исследования: Главной целью данного исследования было исследовать эффект короткой терапии восстановления дыхательного резерва у пациентов с нарушениями дыхательной функции, которым предстоит в ближайшее время хирургическое лечение по поводу рака легких.

Материалы и методы: В исследование было включено 18 пациентов с диагнозом ХОБЛ средней степени тяжести в стадии ремиссии от 50 до 72 лет (17 мужчин и 1 женщина в возрасте 60 лет). Диагноз морфологически верифицирован как немелкоклеточный рак легкого (НМРЛ). Пациенты были подобраны функционально неоперабельные, несмотря на высокий риск послеоперационных осложнений, вследствие развития дыхательной недостаточности, но подходящие для хирургической резекции легкого, исходя из стадии заболевания. Пациентам был предложен 2-х недельный курс предоперационной реабилитации: ходьба более 1 км в день, дыхательная гимнастика и ингаляционная терапия. Данные спирометрии: ОФВ1 (объем форсированного выдоха за 1 секунду), ФЖЕЛ (функциональная жизненная емкость легких), дистанция шестиминутной ходьбы, максимальные объемы вдоха и выдоха. Проводилась оценка предоперационной и послеоперационной спирометрии.

Результаты: после предоперационной легочной реабилитации было выявлено заметное улучшение в показателях спирометрии, воздухопроводимости ($p<0.001$), максимальный объем вдоха (12 см H_2O, $p<0.001$), дистанции 6-минутной ходьбы (53 м, $p<0.001$), форсированной жизненной емкости легких ($p<0.001$), прогнозируемый объем форсированного выдоха за 1 секунду (%) ($p=0.001$), объем форсированного выдоха за одну секунду = 150 мл, $p = 0.001$, Δ максимальное значение объема форсированного выдоха за одну секунду: 650 мл) и прогнозируемое максимальное потребление кислорода ($p <0,001$). В конце курса реабилитации, 61 % пациентов ($n = 11$), оцененных хирургами, могли быть прооперированы.

Таким образом, целесообразно отправить пациентов перед операцией на реабилитацию, прежде чем принять решение о неоперабельности пациента.

Ключевые слова: рак легких, ХОБЛ, дыхательная функция, предоперационный реабилитационный курс лечения.

Актуальность

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) относится к группе хронических воспалительных заболеваний легких, характеризующихся частично обратимым ограничением воздушного потока [8, 12,19,21,39].

Рак легкого — наиболее распространенное в мировой популяции злокачественное новообразование. По данным статистических отчетов за 2018 г., в России зарегистрированы 48 307 больных с впервые выявленной злокачественной опухолью трахеи, бронхов и легких. Данная патология занимает 3-е место (9,9 %) в структуре онкологической заболеваемости, составляя среди мужского населения 16,9 %, а среди женского — 4,0 %. У функционально операбельных больных с ранними формами немелкоклеточного рака легкого (НМРЛ) методом выбора является хирургическое лечение [2]. Более половины всех больных в возрасте старше 65 лет имеют как минимум 3 заболевания, а у половины из них — ≥5 [43].

Каждое из заболеваний делает свой вклад в структуру причин смертности в популяции больных ХОБЛ и раком легкого, соответственно проблема коморбидности приобретает колоссальную социальную значимость [14,16,19,24,33,34].

Однако необходимо помнить, что ХОБЛ — заболевание, которое можно предотвратить и лечить [8,39].

Согласно последнему пересмотр GOLD (2011) в лечении пациентов с ХОБЛ большое внимание уделяется нефармакологическим методам, а также профилактике заболевания, основанное на индивидуальном подходе к каждому пациенту с учетом сопутствующей патологии [3–6,9,11,15, 20, 22-24, 32,37,40].

Полноценная программа профилактики ХОБЛ — легочная реабилитация — должна включать обучение пациентов, антисмокинговые программы, физические тренировки и диетические рекомендации [16–18,29,40,41].

В настоящее время ХОБЛ рассматривают как системное заболевание с множественными внелегочными эффектами, которые в ряде случаев и определяют прогноз для пациентов. Проявляется ХОБЛ прогрессирующим нарушением функции внешнего дыхания по обструктивному или смешанному типу, индуцированным различными факторами и приводящим к хроническому воспалению преимущественно в дистальных отделах респираторного тракта с развитием ремоделирования бронхиального дерева и редукции легочной функции.

Удельный вес больных раком легкого I стадии составил 11,5 %, II — 15,2 %, III — 33,4 % и IV — 39,9 % [1]. У функционально операбельных больных с ранними формами немелкоклеточного рака легкого (НМРЛ) методом выбора является хирургическое лечение [2].

В предоперационном периоде проводятся тесты на легочную функцию и физические упражнения, которые предсказывают риск послеоперационных осложнений, и решение об операции определяется в соответствии с этими параметрами. [8] Пациенты с высоким риском развития послеоперационных осложнений и верифицированным процессом направляются после решения мультидисциплинарной комиссии на химиотерапию или лучевую терапию.

Многие исследования показывают, что легочная реабилитация полезна у пациентов с раком легкого в предоперационном периоде. В этом исследовании мы старались изучить влияние кратковременной легочной реабилитации на функцию дыхания у пациентов с раком легких, которые были определены как неоперабельные из-за недостаточного легочного резерва, и иметь шанс для хирургического лечения данной категории больных.

Материалы и методы

В данном исследовании (Таблица 3) все 18 пациентов имели морфологическую верификацию как немелкоклеточный рак легкого. Из них аденокарцинома 16 пациентов, 2 пациентов верифицированы как плоскоклеточный рак легкого. У всех пациентов статус хирургического лечения был неоперабельный ввиду выраженного нарушения дыхательной функции, отображенный как по физическому осмотру, так и данным спирографии. В настоящее исследование были включены 18 пациентов, 17 мужчин (94,4 %) и 1 женщина (5,6 %), со средним возрастом 60,3 ± 9,2 (диапазон 50–78) лет. Кроме того, 14 (77,7 %) пациентов курили или когда-либо курили. У 7 (38,8 %) пациентов были сопутствующие заболевания: артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца у 5 (27,7 %) и аритмия у 3 (16,6 %), в то время как у 3 пациентов наблюдалась либо артериальная гипертензия, либо эмфизема, либо туберкулез легких в анамнезе. Средний предоперационный ОФВ1 составил 54,5 % ± 16,1 %; 9 пациентов (50 %) имели ОФВ1 менее 50%.

Для увеличения дыхательного резерва легких пациентам предложен 2-х недельный курс легочной реабилитации включающий в себя использование физической нагрузки: ходьба более 1 км, использование небулайзертерапии (Спиолто, Спирива, Ультибро, Симбикорт, Беротек), ограничение курения, придерживание диеты, употребление жидкости более 1 литра в день, дыхательная гимнастика— надувание воздушных шариков.

Через 2 недели после программы кратковременной реабилитации 7 пациентов (38,8 %) были исключены

из исследования ввиду развития различного рода осложнений: легочная инфекция, нарушение ритма сердца.

Сердечно-легочная недостаточность, которая вызывает функциональное ограничение резекции, является основной причиной неоперабельности. У многих больных раком легких также диагностируется хроническая обструктивная болезнь легких, что увеличивает риск послеоперационных осложнений. В исследовании [13] 73 % мужчин с раком легких и 53 % женщин имели клинически активную хроническую обструктивную болезнь легких. Никакой подход к лечению в настоящее время не может обеспечить адекватное или необходимое улучшение функции легких и уменьшить послеоперационные осложнения. [14] В нашем исследовании не было сопутствующих заболеваний, за исключением респираторных заболеваний, и популяция пациентов считалась неоперабельной из-за ограничений только параметров теста функции легких.

Легочная реабилитация — это метод лечения, который улучшает переносимость физической нагрузки даже при запущенной хронической обструктивной болезни легких у пациентов.

Кроме того, есть исследования, которые показали, что легочная реабилитация до операции снижает риск послеоперационных осложнений. [16] Однако количество рандомизированных контролируемых исследований, проведенных в этой области, невелико. Наш литературный поиск не выявил исследований, проведенных с функционально неоперабельными пациентами. Более того, мы не обнаружили в литературе исследований, которые пытались устранить функциональные ограничения у пациентов с неоперабельным раком легкого. Насколько нам известно, наше исследование является первым проведенным в этой области. По нашим данным, 60% пациентов, прошедших предоперационную легочную реабилитацию, были прооперированы. Мы думаем, что мы исследовали важную проблему, влияющую на качество жизни в этой популяции пациентов.

Решение об операции — долгий процесс. Есть алгоритм предоперационной оценки риска. Пациенты с предоперационным ОФВ1 и диффузионной способностью легких по монооксиду углерода (DLco)> 80 % от прогнозируемого или прогнозируемого послеоперационного (ppo) FEV1 и ppo DLco> 60 % от прогнозируемого считаются группами низкого риска. Если и ppo FEV1, и ppo DLco составляют <60 % от прогнозируемого, то необходимо оценить работоспособность пациента. [17] На этом этапе могут быть выполнены полевые тесты или сердечно-легочная нагрузка. Максимальное потребление кислорода, полученное в результате тестов с физической нагрузкой, а также признаки сердечных заболеваний важны для предоперационной оценки. [6] Максимальное потребление кислорода > 15 мл / кг / мин считается достаточным для выполнения лобэктомии или сегментэктомии. [7] Группу промежуточного риска составили пациенты с VO_2max = 10–15 мл / кг / мин. [18,19] ОФВ1 % наших пациентов был ниже 60 %, а значения VO_2, рассчитанные на основе 6MWT, относились к группе промежуточного риска. Поскольку такие пациенты были включены, хирурги проконсультировались с нами относительно возможности хирургического вмешательства после легочной реабилитации. В нашем исследовании наблюдалась статистически значимая разница в VO_2max после легочной реабилитации, а значения VO_2 превышали 15 мл / кг / мин.

Дефицит ОФВ1 — важный компонент работоспособности. [3] Число пациентов, которые теряют шанс на операцию на легких из-за ограниченных функций легких и на получение химиотерапевтического лечения, слишком велико, чтобы его можно было недооценить. Секин и др. [20] сообщили, что, несмотря на более низкий ОФВ1, послеоперационные легочные осложнения и длительное пребывание в больнице можно эффективно предотвратить с помощью реабилитации. В проспективном клиническом исследовании [21] подчеркивалось, что легочная реабилитация имела положительный эффект до операции на легких за счет улучшения переносимости физической нагрузки и легочных функций (ОФВ1). В нашем исследовании значимые

После легочной реабилитации было обнаружено улучшение спирометрических показателей. Наблюдалось среднее увеличение ОФВ1 на 150 мл. У некоторых пациентов это увеличение составило 650 мл. Мы считаем, что легочная реабилитация является важным подходом к лечению, который следует практиковать, особенно у пациентов с ограниченными и пограничными респираторными функциями.

Таблица 1.

Кардиопульмональное нагрузочное тестирование в оценке риска летального исхода после резекции легких

Авторы	VO_2max
Eugene (1982)	VO_2max < 1 л/мин → 100 % летальность VO_2max > 1 л/мин → 0 %
Bechard (1987)	VO_2max < 10 мл/мин/кг → 29 % летальность VO_2max > 20 мл/мин/кг → 0 % летальность
Balliger (1995)	ppoVO_2max < 10 мл/мин/кг →100 % летальность VO_2max < 60 % должной → 33 % летальность
Brunelli (2009)	VO_2max < 12 мл/мин/кг → 13 % летальность VO_2max > 20 мл/мин/кг → 0 % летальность

Для решения вопроса об операбельности пациента проводился совместный осмотр торакального хирурга, терапевта-кардиолога, анестезиолога-реаниматолога.

В связи с коморбидностью заболевания пациенты рассматривались как относительно операбельные. Определялись приемлемые границы показателей спирографии и ЭХО-кардиографии, шагового теста. Для планируемой лобэктомии показатели ОФВ1 должны быть 1,5 литра, или более 55 %, при плановой пневмонэктомии показатели ОФВ1 должны быть 2 литра и более.

Пациентам был предложен 2-х недельный курс предоперационной реабилитации: ходьба более 1 км в день, дыхательная гимнастика и ингаляционная терапия. Данные спирометрии: ОФВ1 (объем форсированного выдоха за 1 секунду), ФЖЕЛ (функциональная жизненная емкость легких), максимальные объемы вдоха и выдоха, дистанция шестиминутной ходьбы, нагрузка в виде подъема по лестнице.

Olsen GN с соавт. проанализировал способность подъема по ступенькам и частоту послеоперационных респираторных осложнений при резекции легких. Из полученных данных авторы сделали предположением, что способность пациентов подняться на 75 ступенек (3 пролета, 13 м) показывает небольшую вероятность развития послеоперационных осложнения. Однако неспособность выполнять требуемый тест не предсказывает с определенностью неблагоприятное послеоперационное течение (Olsen GN, 1991).

Высота ступенек и их количество может быть различным в медицинских учреждениях. Поэтому правильно оценивать не количество ступенек или количество пролетов лестницы, а высоту подъема. Если пациент способен выполнить подъем по лестнице на высоту более 14 м, вероятность осложнений незначительна. Пациенты, не способные подняться на высоту 14 м (особенно на высоту 12 м), нуждаются в обследовании для уточнения риска осложнений с использованием спирометрии и эргоспирометрии (Brunelli A,2002).

При ОФВ 1 или ДСЛ < 60 %Д и >30 % L рекомендуется как скрининг-тест (Степень 1С) ACCP guidelines, 2013.

Проводилась оценка предоперационной и послеоперационной спирометрии.

Статистический анализ

Демографические и клинические характеристики пациентов представлены в Таблице 2. До хирургического лечения у пациентов были низкие показатели дыхательного резерва (ОФВ1 < 80 %). Дистанция 6-минутной ходьбы была менее 450 метров.

После прохождения 2-недельного реабилитационного курса показатели спирографии и дистанции 6-минутной ходьбы значительно улучшились: показатель ходьбы увеличился на 130 м, объем ОФВ1 увеличился на 110 мл.

Таблица 2.

Основные характеристики пациентов

Показатели	количество	%	Медиана	Мин.-Макс.
Возраст			62	50–78
Пол Мужчины Женщины	 17 1	 94.4 5.6		
Курение Пачка-лет	14	77.7		
6-минутная ходьба (дистанция в метрах)			425	169–563
Спирография ЖЕЛ (FVC (L)) ОФВ1 (FEV1 (L)) Индекс Тиффно (FEV1/FVC)			 2.03 1.36 68.7	 1–3 0.67–2 29.9–106.1

Из 18 пациентов 11 показали удовлетворительные результаты, после повторного обсуждения с терапевтом -кардиологом, торакальным-хирургом и анестезиологом-реаниматологом пациенты из разряда относительно операбельных перешли в разряд операбельных. Остальные 7 пациентов у которых показатели не были улучше-

Таблица 3.

Оценка эффективности лечения

Показатели	До операции		После операции		Δ		p
	Медиана	Мин.-Макс.	Медиана	Мин.-Макс.	Медиана	Мин.-Макс.	
6-минутная ходьба (дистанция в метрах)	425	169–563	478	187–680	53	0–150	<0.001
Дыхательная недостаточность (ДН)	2	1–4	2	1–4	0	0–1	<0.001
Легочная функция ЖЕЛ (Л) ЖЕЛ (%) ОФВ1 (Л) Индекс Тиффно	 2.03 58.8 1.36 68.7	 1–3 40–83 0.67–2 29.9–106.1	 2.22 61.1 1.47 72.67	 1.30–3.5 36–90 0.74–2.20 27.6–105.4	 0.19 2.3 0.110 3.97	 –0.30–0.68 –12.11–19.60 –0.10–0.63 –37.80–36,6	 <0.001 0.11 0.001 <0.001

ны после 2 недельного реабилитационного курса были направлены на симптоматическое лечение.

Выводы

Таким образом, анализируя результаты 2-недельного реабилитационного курса у пациентов с «неоперабельным» раком легких возможно дать второй шанс пациентам с дыхательной недостаточностью. В послеоперационном периоде у пациентов не было хирургических осложнений. Показатели спирографии: ОФВ1 и ЖЕЛ, дистанционной ходьбы являются важнейшими показателями для решения вопроса об операбельности пациентов. Наши результаты позволяют предположить, что краткосрочная интенсивная легочная реабилитация положительно влияет на функции легких, силу инспираторных мышц, переносимость физических нагрузок и одышку у пациентов с раком легких, который определяется как неоперабельный из-за недостаточного легочного резерва. После легочной реабилитации более половины наших пациентов смогли пройти операцию. Поэтому может быть полезно направить пациентов в центры легочной реабилитации до вынесения решения о неоперабельности. Таким образом, пациенты со спирометрическими параметрами на границе функциональных ограничений могут получить второй шанс на операцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Li T, He X, Chen Y. Mechanism of lung cancer and chronic obstructive pulmonary disease. Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban 2017;42:1212-6. [Abstract]
2. Trzaska-Sobczak M, Skoczyński S, Pierzchała W. Pulmonary function tests in the preoperative evaluation of lung cancer surgery candidates. A review of guidelines. Kardiochir Torakochirurgia Pol 2014;11:278–82.
3. British Thoracic Society. BTS guidelines: guidelines on the selection of patients with lung cancer for surgery. Thorax 2001;56:89–108.
4. Colice GL, Shafazand S, Griffin JP, Keenan R, Bolliger CT. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: ACCP evidenced-based clinical practice guidelines (2nd edition). Chest 2007;132:161–77.
5. Brunelli A, Charloux A, Bolliger CT, Rocco G, Sculier JP, Varela G, et al. ERS/ESTS clinical guidelines on fitness for radical therapy in lung cancer patients (surgery and chemo- radiotherapy). Eur Respir J 2009;34:17–41.
6. Rocco G, Gatani T, Di Maio M, Meoli I, La Rocca A, Martucci N, et al. The impact of decreasing cutoff values for maximal oxygen consumption (VO(2)max) in the decision — making process for candidates to lung cancer surgery. J Thorac Dis 2013;5:12-8.
7. Brunelli A, Refai M, Xiumé F, Salati M, Sciarra V, Socci L, et al. Performance at symptom-limited stair-climbing test is associated with increased cardiopulmonary complications, mortality, and costs after major lung resection. Ann Thorac Surg 2008;86:240-7.
8. Kim ES, Kim YT, Kang CH, Park IK, Bae W, Choi SM, et al. Prevalence of and risk factors for postoperative pulmonary complications after lung cancer surgery in patients with early— stage COPD. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis 2016;11:1317–26.
9. Pearce A, Haas M, Viney R, Pearson SA, Haywood P, Brown C, et al. Incidence and severity of self-reported chemotherapy side effects in routine care: A prospective cohort study. PLoS One 2017;12:e0184360.
10. Pehlivan E, Turna A, Gurses A, Gurses HN. The effects of preoperative short-term intense physical therapy in lung cancer patients: a randomized controlled trial. Ann Thorac Cardiovasc Surg 2011;17:461-8.
11. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. Eur Respir J 2005;26:319-38.
12. Ross RM, Murthy JN, Wollak ID, Jackson AS. The six minute walk test accurately estimates mean peak oxygen uptake. BMC Pulm Med 2010;10:31. Turk Gogus Kalp Dama 2019;27(2):212-218
13. Loganathan RS, Stover DE, Shi W, Venkatraman E. Prevalence of COPD in women compared to men around the time of diagnosis of primary lung cancer. Chest 2006;129:1305-12.
14. Benzo R, Wigle D, Novotny P, Wetzstein M, Nichols F, Shen RK, et al. Preoperative pulmonary rehabilitation before lung cancer resection: results from two randomized studies. Lung Cancer 2011;74:441-5.
15. Ries AL, Make BJ, Lee SM, Krasna MJ, Bartels M, Crouch R, et al. The effects of pulmonary rehabilitation in the national emphysema treatment trial. Chest 2005;128:3799–809.
16. Çırak Y, Karahan Z, Yılmaz Yelvar GD, Erden İ, Demirkılıç U. Is physiotherapy effective on the occurrence of postoperative pulmonary complications in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery? A randomized controlled trial. Turk Gogus Kalp Dama 2015;23:622–30.
17. Spyratos D, Zarogoulidis P, Porpodis K, Angelis N, Papaiwannou A, Kioumis I, et al. Preoperative evaluation for lung cancer resection. J Thorac Dis 2014;6:162-6.
18. Bolliger CT, Jordan P, Solèr M, Stulz P, Grädel E, Skarvan K, et al. Exercise capacity as a predictor of postoperative complications in lung resection candidates. Am J Respir Crit Care Med 1995;151:1472–80.
19. Win T, Jackson A, Sharples L, Groves AM, Wells FC, Ritchie AJ, et al. Cardiopulmonary exercise tests and lung cancer surgical outcome. Chest 2005;127:1159-65.
20. Sekine Y, Chiyo M, Iwata T, Yasufuku K, Furukawa S, Amada Y, et al. Perioperative rehabilitation and physiotherapy for lung cancer patients with chronic obstructive pulmonary disease. Jpn J Thorac Cardiovasc Surg 2005;53:237-43.
21. Vagvolgyi A, Rozgonyi Z, Kerti M, Vadasz P, Varga J. Effectiveness of perioperative pulmonary rehabilitation in thoracic surgery. J Thorac Dis 2017;9:1584–91.
22. Westhoff M. Preoperative functional diagnostics for lung— resecting interventions. Pneumologie 2007;61:256–63.
23. Riario-Sforza GG, Incorvaia C, Paterniti F, Pessina L, Caligiuri R, Pravettoni C, et al. Effects of pulmonary rehabilitation on exercise capacity in patients with COPD: a number needed to treat study. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis 2009;4:315-9.

24. Casaburi R, Porszasz J, Burns MR, Carithers ER, Chang RS, Cooper CB. Physiologic benefits of exercise training in rehabilitation of patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 1997;155:1541–51.
25. Mujovic N, Mujovic N, Subotic D, Marinkovic M, Milovanovic A, Stojsic J, et al. Preoperative pulmonary rehabilitation in patients with non-small cell lung cancer and chronic obstructive pulmonary disease. Arch Med Sci 2014;10:68–75.
26. Sobrinho MT, Guirado GN, Silva MA. Preoperative therapy restores ventilatory parameters and reduces length of stay in patients undergoing myocardial revascularization. Rev Bras Cir Cardiovasc 2014;29:221-8.
27. Lai Y, Huang J, Yang M, Su J, Liu J, Che G. Seven-day intensive preoperative rehabilitation for elderly patients with lung cancer: a randomized controlled trial. J Surg Res 2017;209:30–36.
28. Nici L, Donner C, Wouters E, Zuwallack R, Ambrosino N, Bourbeau J, et al. American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. Am J Respir Crit Care Med 2006;173:1390–413.
29. Bozcuk H, Martin C. Does treatment delay affect survival in non-small cell lung cancer? A retrospective analysis from a single UK centre. Lung Cancer 2001;34:243–52.

© Чижиков Андрей Валерьевич; Абдуллин Замир Салихович (tchandrey@mail.ru);
Яковлева Олеся Геннадьевна; Шарипов Урал Фердаусович; Мухтаров Ильмир Винерович; Абдуллин Ильмир Салихович
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Abdullin I. — clinical resident, Republican Clinical Oncology Centre, Ufa, Russia

Abdullin Z. — MD, thoracic oncologist, Republican Clinical Oncology Centre, Ufa, Russia

Abregova Z. — Assistant, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov

Afanasyev A. — Teaching assistant, BMSTU

Afanasyev G. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, BMSTU

Akhmatov Y. — Candidate of Medical Sciences, Karshi Branch Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Cardiology

Andreev D. — MIREA — Russian Technological University

Anikina E. — Candidate of Biological Sciences, Peoples' Friendship University of Russia

Antonov E. — MIREA — Russian Technological University

Arakelyan V. — MD, PhD, Chief of division of vascular surgery, FSBI National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakuleva of the Ministry of Health of Russia

Aronov P. — Candidate Medical Sciences, Associate Professor, Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Types of Medical Care andmedical technologies

Asadova S. — Lecturer, Azerbaijan State University

Atayeva Z. — PhD, Associate Professor, Dagestan State Medical University (Makhachkala)

Bisultanova Z. — Art. Lecturer, Chechen State University named after A.A. Kadyrov

Botashev R. — Associate Professor, Karachay-Cherkess State University named after U.D. Aliyev, Karachayevsk, Russia

Bozieva A. — Senior lecturer, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik

Bugaeva E. — Applicant, Head of the therapeutic department, Regional State Budgetary Healthcare Institution «City Clinical Hospital» named after Professor A.M. Voino-Yasenetsky of the Ministry of Health of the Khabarovsk Territory

Our authors

Bukatsello R. — Cand. Med. Sc., Vascular surgeon, FSBI National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakuleva of the Ministry of Health of Russia

Burzhomov S. — PhD student, Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Department of Software Systems

Chabaeva T. — Assistant, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov

Chekmarev M. — Adjunct, Krasnodar Higher Military School

Cherepakhin D. — Psychiatrist, Psychiatric Hospital no. 1 Named after N.A. Alexeev of the Department of Health of Moscow

Chernykh N. — vascular surgeon, postgraduate, FSBI National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakuleva of the Ministry of Health of Russia

Chizhikov A. — PhD, thoracic surgeon, Republican Clinical Oncology Centre, Ufa, Russia

Chobanyan S. — Financial University under the Government Of the Russian Federation, Moscow, Russia

Daraushe Hadi Majed Soud — Maxillofacial surgeon, a researcher, Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy of the N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University)

Demidov L. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation

Deputatov K. — Postgraduate student, Kaliningrad State Technical University

Dolzhenkov S. — Assistant, MIREA — Russian Technological University

D'yachenko S. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Clinical Pharmacologist, Regional State Budgetary Healthcare Institution «City Clinical Hospital» named after Professor A.M. Voino-Yasenetsky of the Ministry of Health of the Khabarovsk Territory

Dzhambetova P. — Prof. Chechen, State University named after A.A. Kadyrov

Edgulova E. — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik

Efremova A. — Senior lecturer, Penza State University, Deputy.Dean for Scientific Work

Ermakov M. — Financial University under the Government Of the Russian Federation

Evtushenko A. — Penza State University

Filatov V. — Associate Professor, MIREA — Russian Technological University

Fomin I. — Master's student, Bryansk State Technical University

Frolova K. — Senior lecturer, Penza State University, Deputy

Gadzhieva T. — MD, Professor, Dagestan State Medical University, Makhachkala

Gazieva P. — Senior Laboratory Assistant, Dagestan State Medical University (Makhachkala)

Gendugova O. — Candidate of Medical Sciences, Docent, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov

Golubev D. — MIREA — Russian Technological University

Grigorovich L. — Cand. biol. Sci., Associate Professor, Associate Professor, Kaliningrad State Technical University

Gurbanov R. — Undergraduate, Chechen State University named after. A.A. Kadyrov

Gurfova R. — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik

Guseynova R. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University (Makhachkala)

Hadzhi M. — graduate student, PSU «T.G. Shevchenko», Engineering and Technical Institute, Department of Information Technologies and Automated Control of Production Processes, Moldova, Tiraspol

Igolnikov I. — doctor is a cardiovascular surgeon, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre, National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation

Ivashchuk O. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State National Research University

Jalilov A. — Candidate of Medical Sciences, Karshi Branch, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Cardiology

Kalistratov A. — Teaching assistant, BMSTU

Kallaeva A. — MD, Associate Professor, Dagestan State Medical University (Makhachkala)

Kardashova Z. — Graduate student, Dagestan State Technical University

Khakimova Z. — PhD in Physics and Mathematics, Mozhaisky Military Space Academy

Khashirova T. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik

Koptenok E. — Senior Lecturer, Bryansk State Technical University

Krikunova L. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Radiation and combined methods of treatment of gynecological diseases with the group of restorative and aesthetic medicine, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre, National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation

Kucherov V. — Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of X-ray surgical methods of Diagnosis and Treatment, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre, National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation

Kulikov D. — MIREA — Russian Technological University

Lagerev D. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University

Moiseeva R. — Penza State University

Molchanov V. — Senior paramedic, State Medical Institution «Tambov Regional Ambulance and Disaster Medicine Station», Moscow, Russia

Mukhidinova N. — post-graduate student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Mukhtarov I. — clinical resident, Republican Clinical Oncology Centre, Ufa, Russia

Nadinsky D. — medical doctor for X-ray endovascular diagnostics and treatment, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre, National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation

Omar P. — Employee, Sumgayit State University

Osmanova A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University (Makhachkala)

Otbetkina T. — Head of Data Academy Center, NUST MISIS (Moscow)

Papitashvili V. — Cand. Med. Sc., Leading Researcher, Vascular surgeon FSBI National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakuleva of the Ministry of Health of Russia

Pasynkov V. — Dr. of TS, general designer, Joint Stock Company «Nauchno-proizvodstvennaya korporaciya «Sistemy precizionnogo priborostroeniya»

Pavlov B. — Assistant, Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Perepelkin V. — graduate student, Moscow State University of Technology and Management

Petrosyan A. — Candidate of Medical Sciences, medical doctor for X-ray endovascular diagnostics and treatment, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre, National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation

Popov A. — Candidate of Military Sciences, Professor, Professor of institute SPINTech, National Research University of Electronic Technology

Popukaylo V. — PhD in informatics, PSU «T.G. Shevchenko», Engineering and Technical Institute, Department of Information Technologies and Automated Control of Production Processes, Moldova, Tiraspol

Potapenko A. — Graduate student, Autonomous nonprofit organization of the higher education «Russian new university» (ROSNOU)

Proskurikova A. — Tambov National University named after D.R. Derzhavin

Ramazanov R. — PhD, Assistant Professor, Dagestan State Medical University (Makhachkala)

Rusakov A. — Senior Lecturer, MIREA — Russian Technological University

Salnikov E. — Associate Professor-Practitioner, Financial University under the Government of the Russian Federation

Saraev D. — MIREA — Russian Technological University

Savelyev I. — Candidate of technical sciences, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

Shakhidzhanyan A. — MIREA — Russian Technological University

Sharikov P. — Assistant, St. Petersburg State University of Telecommunications named after Prof. M.A. Bonch-Bruevich

Sharipov U. — anesthesiologist, Republican Clinical Oncology Centre, Ufa, Russia

Shekhovtsova A. — Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

Shikula O. — senior teacher of institute SPINTech, National Research University of Electronic Technology

Shugusheva R. — Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov

Shungarov H. — Candidate fiziko-mathematical sciences, associate Professor, Karachai-Cherkess State University named after U.D. Aliyev, KCSU, Karachayevsk, Russia

Sklyarov B. — Tambov National University named after D.R. Derzhavin

Skvortsova E. — Assistant, Penza State University, Deputy

Tatarenko I. — specialist, Samara State Medical University, Research Institute of Neuroscience

Tikhonov M. — Cand. Sc. (Technology), associated professor of institute SPINTech, National Research University of Electronic Technology

Trifonov F. — medical doctor for X-ray endovascular diagnostics and treatment, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre, National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation

Trifonov I. — Russian State University. A.N. Kosygin (Technology. Design. Art)

Tsesar A. — Moscow Automobile and Highway State Technical University

Tsybizov D. — Peoples' Friendship University of Russia

Tushavin V. — D. Sc. in Technical Sciences, Professor, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

Unacheva M. — Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov

Vakhromeeva E. — cand. tech. Sci., Associate Professor, Russian State University. A.N. Kosygin (Technology. Design. Art)

Valeev M. — postgraduate student, Financial University under the Government of the Russian Federation

Vasiliev Yu. — MD, Professor, Deputy Director of the N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, First Moscow State Medical University (Sechenov University); expert of the Terminology Commission of the NMOAGE, Moscow

Veliyeva S. — Lecturer, Baku State University

Vidmanova A. — Member of the SAC, NUST MISIS (Moscow)

Vischipanov A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, FGAOU VO Russian National Research Medical University. N.I. Pirogov of the Ministry of Health

Volkov A. — Candidate of Technical Sciences, Vice-Rector for Education, NUST MISIS (Moscow)

Voropaeva S. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Yakovleva O. — therapeutist, Republican Clinical Oncology Centre, Ufa, Russia

Yang T. — BMSTU

Yin S. — BMSTU

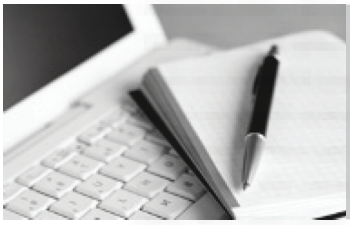
Yudovskiy V. — Financial University under the Government Of the Russian Federation, Moscow, Russia

Yunusov E. — dissertation (PhD) candidate, Institute of Microbiology of the Ministry of Education and Science of the Republic of Azerbaijan

Zhmereneckij K. — Rector, Professor, MD, Doctor of medical sciences, Corresponding member, FGBOU IN DVSMU of the Ministry of Health of the Russian Federation

Zyulkina L. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Penza State University

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе "Антиплагиат".

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением ".doc", или ".rtf", шрифт 14 Times New Roman.
- Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).