



ВРАЧ

И ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

№4 2022

MEDICAL DOCTOR AND IT



MEDICAL REPORT

02-08-38 - MALE



DOCTOR

: 02 :43 080

:586 :89 403

:253 :684 :01

:01010101010101

:99 :RP_809

ISSN 1811-0193
9 1771811019000 >

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК по специальности 05.13.00 (информатика, вычислительная техника и управление) и индексируется в базе данных Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science

The journal is included in the Russian Science Citation Index (RSCI) database on the Web of Science platform.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Карпов О.Э., академик РАН, д.м.н., проф., генеральный директор ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

ПОЧЕТНЫЙ ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Стародубов В.И., академик РАН, д.м.н., проф., научный руководитель ФГБУ ЦНИИОЗ Минздрава России, представитель России в Исполнительном Комитете ВОЗ, Москва, Россия

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Зарубина Т.В., д.м.н., член-корреспондент РАН, проф., заведующая кафедрой медицинской кибернетики и информатики, ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия

Гусев А.В., к.т.н., член экспертного совета Минздрава по вопросам использования ИКТ, старший научный сотрудник ФГБУ ЦНИИОЗ Минздрава России, директор по развитию компании «К-Скай», Петрозаводск, Россия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Андриков Д.А., к.т.н., доцент Инженерной Академии ФГАОУ ВО РУДН, директор компании «Иммersed», Москва, Россия

Владимирский А.В., д.м.н., заместитель директора по научной работе ГБУЗ г. Москвы «НПКЦ диагностики и телемедицины ДЗМ», Москва, Россия

Грибова В.В., член-корреспондент РАН, д.т.н., заместитель директора по научной работе ФГБУ «Институт автоматизации и процессов управления» Дальневосточного отделения РАН, Владивосток, Россия

Гулиев Я.И., к.т.н., директор Исследовательского центра медицинской информатики ИПС РАН им. А.К. Айламазяна, Ярославль, Россия

Зингерман Б.В., руководитель направления цифровой медицины ИНВИТРО, Москва, Россия

Карась С.И., д.м.н., специалист отдела координации научной и образовательной деятельности НИИ кардиологии ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», профессор кафедры медицинской и биологической кибернетики ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, Томск, Россия

Лебедев Г.С., д.т.н., директор института цифровой медицины, заведующий кафедрой информационных и интернет технологий Сеченовского Университета, Москва, Россия

Неусыпин К.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой системы автоматического управления МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Пролетарский А.В., д.т.н., профессор, декан факультета «Информатика и системы управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Реброва О.Ю., д.м.н., профессор кафедры медицинской кибернетики и информатики, ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия

Столбов А.П., д.т.н., профессор кафедры организации здравоохранения, медицинской статистики и информатики ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России, Москва, Россия

Храмов А.Е., д.ф.м.н., профессор, руководитель лаборатории нейронауки и когнитивных технологий, профессор Университета Иннополис, Иннополис, Россия

Швырев С.Л., к.м.н. заместитель руководителя Регламентной службы федерального реестра НСИ ФГБУ ЦНИИОИЗ Минздрава России, Москва, Россия

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Писарчик А., к.б.н., проф., заведующий кафедрой вычислительной биологии, центр биомедицинских технологий, Мадридский технический университет, Мадрид, Испания

CHIEF EDITOR

Karpov O.E., Academician of the RAS, DSc, Prof., General Director of the Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow, Russia

HONORARY CHIEF EDITOR

Starodubov V.I., Academician of the RAS, DSc, Prof., Scientific Director of the FRIHOI of MoH of Russia, Representative of Russia in the WHO Executive Committee, Moscow, Russia

DEPUTY CHIEF EDITORS

Zarubina T.V., DSc, Corresponding Member of the RAS, Ptof., Head of the Department of Medical Cybernetics and Informatics, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Gusev A.V., PhD, member of the expert council of the Ministry of Health on the use of ICT, Senior Researcher of the FRIHOI of MoH of Russia, development director of the K-Sky company, Petrozavodsk, Russia

EDITORIAL BOARD

Andrikov D.A., PhD, Associate Prof. of the Engineering Academy of the RUDN University, Director of Immersed, Moscow, Russia

Vladimirsky A.V., DSc, Deputy Director for Research, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

Gribova V.V., Corresponding Member of the RAS, DSc, Deputy Director for Research of the Federal State Budgetary Institution "Institute of Automation and Control Processes" of the Far Eastern Institute of the RAS Branch, Vladivostok, Russia

Guliev Ya.I., PhD, Director of the Research Center for Medical Informatics of the Institute of Applied Problems of the Russian Academy of Sciences named after A.K. Ailamazyan, Yaroslavl, Russia

Zingerman B.V., Head of Digital Medicine, INVITRO, Moscow, Russia

Karas S.I., DSc, Specialist of the Department for Research and Training Coordination, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Centre, Russian Academy of Sciences; Professor at the Medical and Biological Cybernetics Chair, Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

Lebedev G.S., DSc, Director of The Digital Health Institute, Head of The Department of information and Internet technologies, Sechenov University, Moscow, Russia

Neusypin K.A., DSc, Prof., Head of the Automatic Control Systems Dept., Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Proletarsky A.V., DSc, Prof., Dean of the Informatics, and Control Systems Department, Bauman University, Moscow, Russia

Rebrova O.Yu., DSc, Prof. of the Department of Medical Cybernetics and Informatics, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Stolbov A.P., DSc, Prof. of the Department of Public Health Organization, Medical Statistics and Informatics of the Faculty of Professional Development of Doctors of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Khramov A.E., DSc, Prof., Head of the Laboratory of Neuroscience and Cognitive Technologies, Prof. of Innopolis University, Innopolis, Russia

Shvyrev S.L., PhD, Deputy Head of the Regulatory Service of the Federal Register of the FRIHOI of MoH of Russia, Moscow, Russia

FOREIGN MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Pisarchik A., PhD, Prof., Head of Department of Computational Biology, Center of Biomedical Technologies, Technical University of Madrid, Spain

Издается с 2004 года.

Включен в перечень ВАК ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендуемых для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Читатели могут принять участие в обсуждении статей, опубликованных в журнале «Врач и информационные технологии», и направить актуальные вопросы в редакцию (vit-j@pirogov-center.ru).

Журнал зарегистрирован Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Товарный знак и название «Врач и информационные технологии» являются исключительной собственностью ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений, а также за то, что в материалах не содержится данных, не подлежащих открытой публикации.

Материалы рецензируются редакционной коллегией. Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Перепечатка текстов без разрешения журнала «Врач и информационные технологии» запрещена. При цитировании материалов ссылка на журнал обязательна.

За содержание рекламы ответственность несет рекламодатель.

Учредитель — ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России.
Издатель — ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России.

Адрес редакции:
105203, г. Москва,
ул. Нижняя Первомайская, д. 70,
e-mail: vit-j@pirogov-center.ru.
Тел. +7 (499) 464-03-03.

Главный редактор:
Карпов О.Э., член-корреспондент РАН,
д. м. н., проф.

Почетный главный редактор:
Стародубов В.И.,
академик РАН, д. м. н., проф.

Зам. главного редактора:
Зарубина Т. В., д. м. н., проф.
Гусев А.В., к. т. н.

Компьютерная верстка и дизайн:
Издательство Пироговского Центра.

Подписные индексы:
Каталог агентства «Роспечать» — 82615.
Отпечатано в типографии ООО «Вива-Стар»
г. Москва, ул. Электровзводская, д. 20
www.vivastar.ru

Подписано в печать 26 декабря 2022 г.
Общий тираж 1000 экз.
Распространяется бесплатно.
© Издательство Пироговского Центра

ОБЗОРЫ

*Туценко К.О., Наркевич А.Н., Россиев Д.А.,
Ипатюк О.В., Авдеев С.М.*

**СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРИЛОЖЕНИЙ
ДЛЯ ХРАНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕДИЦИНСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ 4**

Мишкин И.А., Гусев А.В., Концевая А.В., Драпкина О.М.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ MHEALTH В КАЧЕСТВЕ
ИНСТРУМЕНТА ПРОФИЛАКТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ
ЗАБОЛЕВАНИЙ. СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР 12**

*Шарова Д.Е., Михайлова А.А., Гусев А.В., Гарбук С.В.,
Владимирский А.В., Васильев Ю.А.*

**АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА В РЕГУЛИРОВАНИИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ..... 28**

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Бурдо Г.Б., Лебедев С.Н., Лебедева Ю.В., Лебедев И.С.

**СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ ДИАГНОСТИКЕ НОВООБРАЗОВАНИЙ
ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ 40**

*Легашев Л.В., Шухман А.Е., Болодурина И.П.,
Гришина Л.С., Жигалов А.Ю.*

**ОБРАБОТКА РУССКОЯЗЫЧНЫХ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ
МЕДИЦИНСКИХ ТЕКСТОВ И ВЕРОЯТНОСТНОЕ
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГРУПП ЗАБОЛЕВАНИЙ 52**

Эргешов М.Б., Владимирский А.В.

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНДЕКСА ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ
БОРЬБЫ С ХРОНИЧЕСКИМИ НЕИНФЕКЦИОННЫМИ
ЗАБОЛЕВАНИЯМИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ 64**

*Тыров И.А., Васильев Ю.А., Арзамасов К.М., Владимирский А.В.,
Шулькин И.М., Омелянская О.В., Четвериков С.Ф.*

**ОЦЕНКА ЗРЕЛОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ:
МЕТОДОЛОГИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ
НА МАТЕРИАЛАХ МОСКОВСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
ПО КОМПЬЮТЕРНОМУ ЗРЕНИЮ
В ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ..... 76**

REVIEWS

Tutsenko K.O., Narkevich A.N., Rossiev D.A., Ipatyuk O.V., Avdeev S.M.

APPLICATIONS FOR STORING PATIENT'S MEDICAL DATA: SYSTEMATIC REVIEW..... 4

Mishkin I. A., Gusev A.V., Kontsevaya A.V., Drapkina O.M.

MHEALTH APPS AS A TOOL FOR THE PREVENTION OF CARDIOVASCULAR DISEASES. SYSTEMATIC REVIEW..... 12

Sharova D.E., Mikhailova A.A., Gusev A.V., Garbuk S.V., Vladzimirskyy A.V., Vasilev Y.A.

AN ANALYSIS OF GLOBAL EXPERIENCE IN REGULATIONS ON THE USE OF MEDICAL DATA FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS DEVELOPMENT BASED ON MACHINE LEARNING 28

ORIGINAL RESEARCH

Burdo G.B., Lebedev S.N., Lebedeva Y.V., Lebedev I.S.

DECISION SUPPORT TOOLS FOR MAXILLOFACIAL TUMORS DIAGNOSTICS 40

Legashev L.V., Shukhman A.E., Bolodurina I.P., Grishina L.S., Zhigalov A.Yu.

RUSSIAN UNSTRUCTURED CLINICAL TEXTS PROCESSING AND PROBABILISTIC CLASSIFICATION OF DISEASE GROUPS 52

Ergeshov M.B., Vladzimirsky A.V.

SCIENTIFIC RATIONALE FOR THE HEALTHCARE DIGITAL MATURITY INDEX TO ENSURE EFFECTIVE CONTROL OF CHRONIC NON-COMMUNICABLE DISEASES IN TURKMENISTAN 64

Tyrov I.A., Vasilyev Y.A., Arzamasov K.M., Vladzimirsky A.V., Shulkin I.M., Omelyanskaya O.V., Chetverikov S.F.

ASSESSMENT OF THE MATURITY OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES FOR HEALTHCARE: METHODOLOGY AND ITS APPLICATION BASED ON THE USE OF INNOVATIVE COMPUTER VISION TECHNOLOGIES FOR MEDICAL IMAGE ANALYSIS AND SUBSEQUENT APPLICABILITY IN THE HEALTHCARE SYSTEM OF MOSCOW..... 76

MEDICAL DOCTOR AND INFORMATION TECHNOLOGIES

Registration certificate
PI No. FS77-80906 dated April 09, 2021

Published since 2004.

This journal is included in the list of the Higher Attestation Commission, detailing leading peer-reviewed scientific journals and publications recommended for publishing the foremost scientific results of dissertations for the degree of candidate and doctor of sciences.

Readers may take part in the discussion of articles published in the journal «Medical Doctor and Information Technologies», and send topical questions to the editorial office (vit-j@pirogov-center.ru).

The journal is registered by the Ministry of the Russian Federation for Press, TV and Radio Broadcasting, and Mass Media. The trademark and name «Medical Doctor and Information Technologies» are the exclusive property of the Pirogov National Medical and Surgical Center.

The authors of the published materials are responsible for the selection and accuracy of the facts, quotes, statistical data and other information, as well as ensuring that the materials do not contain data that is not subject to open publication.

The materials are reviewed by the editorial board. Editorial opinion may not reflect the views of the author.

Reprinting of texts without the permission of the journal «Medical Doctor and Information Technologies» is prohibited. When citing materials, a reference to the journal is required.

The advertiser is responsible for the content of the advertisement.

Founder — Pirogov National Medical and Surgical Center.

Publisher — Pirogov National Medical and Surgical Center.

Editorial office address:

105203, Moscow, st. Nizhnaya Pervomayskaya, 70, e-mail: vit-j@pirogov-center.ru. +7(499) 464-03-03.

Chief Editor:

Karpov O.E., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Prof.

Honorary chief editor:

Starodubov V.I., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Prof.

Deputy chief editors:

Zarubina T.V., Doctor of Medical Sciences, prof. Gusev A.V., Ph.D.

DTP and design:

Pirogov Center Publishing House.

Subscription indexes:

Catalogue of the agency «Rospechat» — 82615.

Printed in the «Viva-Star»
Moscow, st. Elektrozavodskaya, 20
www.vivastar.ru

Signed for printing on December 26, 2022.
Circulation 1000 copies.

Free distribution.

© Pirogov Center Publishing House

ТУЦЕНКО К.О.,

ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого», Красноярск, Россия, e-mail: kseniamkib@gmail.com

НАРКЕВИЧ А.Н.,

д.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого», Красноярск, Россия, e-mail: narkevichart@gmail.com

РОССИЕВ Д.А.,

д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого», Красноярск, Россия, e-mail: rossiev@mail.ru

ИПАТЮК О.В.,

УН «Пальмира», Красноярск, Россия, e-mail: s.v.b.07@mail.ru

АВДЕЕВ С.М.,

ИП Авдеев Сергей Максимович, Красноярск, Россия, e-mail: avdeev63@mail.ru

СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_4

Аннотация.

Актуальность. Повсеместное распространение смартфонов и увеличение их технических возможностей стало предпосылкой для развития мобильного здравоохранения. Мобильные приложения для здоровья выполняют множество функций, они помогают заботиться о питании, планируют физическую нагрузку, напоминают о приёме лекарств и многое другое.

Цель. Оценка функциональных возможностей имеющихся приложений для хранения результатов медицинских исследований.

Материалы и методы. Был проведён систематический поиск и анализ мобильных приложений, используемых для хранения результатов медицинских исследований. Поиск осуществлялся в магазинах приложений «App Store» и «Google Play», поиск научных статей проведен в библиографических базах данных PubMed, Embase и eLIBRARY.

Результаты. В данном обзоре описываются мобильные приложения для хранения и анализа результатов медицинских исследований. Подобные программные продукты используются для хранения информации о здоровье в одном месте. Наиболее перспективными являются приложения с возможностью оцифровки данных и их последующим анализом. Динамически отслеживая изменения лабораторных показателей, они помогают контролировать хронические заболевания, отслеживать изменения в организме, диагностировать патологии и прогнозировать исходы.

Выводы. Использование медицинских приложений в системе здравоохранения позволит снизить экономические затраты и вместе с тем увеличить доступность медицинской помощи в отдалённых районах.

Ключевые слова: мобильные приложения для здоровья, результаты анализов, мобильное здравоохранение, электронное здравоохранение, хранение результатов анализов.

Для цитирования: Туценко К.О., Наркевич А.Н., Россиев Д.А., Ипатюк О.В., Авдеев С.М. Систематический обзор приложений для хранения результатов медицинских исследований. Врач и информационные технологии. 2022; 4: 4-11. doi: 10.25881/18110193_2022_4_4.

TUTSENKO K.O.,

Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V.F. Voino-Yasenetsky,
Krasnoyarsk, Russia, e-mail: kseniamkib@gmail.com

NARKEVICH A.N.,

DSc, Associate Professor, Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V.F. Voino-Yasenetsky,
Krasnoyarsk, Russia, e-mail: narkevichart@gmail.com

ROSSIEV D.A.,

DSc, professor, Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V.F. Voino-Yasenetsky,
Krasnoyarsk, Russia, e-mail: rossiev@mail.ru

IPATYUK O.V.,

UN «Palmira», Krasnoyarsk, Russia, e-mail: s.v.b.07@mail.ru

AVDEEV S.M.,

Individual entrepreneur Avdeev Sergey Maksimovich, Krasnoyarsk, Russia, e-mail: avdeev63@mail.ru

APPLICATIONS FOR STORING PATIENT'S MEDICAL DATA: SYSTEMATIC REVIEW

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_4

Abstract

Background. Mobile Health (mHealth) is a hot research and development topic due to massive spread of smartphones and their high technical performance. Mobile apps for health vary in their functions, from dietary assistance and planning physical activities to "take a drug" reminding and others.

Aim: Assessing the capabilities of existing mobile apps for collecting personal medical data (lab results, radiography scans etc.).

Materials and methods. We performed a systematic search and analysis of mobile apps, designed for storing medical data. We surfed through the App Store and the Google Play, research articles were searched at PubMed, Embase, eLIBRARY.

Results. This review covers mobile apps for storing and analysis of patient's medical data. Such software products are used to store health information in one place. The most promising are applications that digitize data and analyze them. Dynamic monitoring of lab results makes it possible to control chronic diseases, track changes in the body, diagnose a disease and evaluate prognosis.

Conclusions. The use of medical mobile apps in the healthcare system will reduce economic costs and at the same time increase the availability of medical care in segregated areas.

Keywords: mobile health applications, test results, m-Health, e-Health, storage of test results.

For citation: Tutsenko K.O., Narkevich A.N., Rossiev D.A., Ipatyuk O.V., Avdeev S.M. Applications for storing patient's medical data: systematic review. Medical doctor and information technology. 2022; 4: 4-11. doi: 10.25881/18110193_2022_4_4.

ВВЕДЕНИЕ

Ожидаемая продолжительность жизни в России возросла на 5,6 года в период с 1980 по 2019 гг., в 2020 г. снизилась на 1,8 года вследствие пандемии COVID-19. Тренд к увеличению ожидаемой продолжительности жизни начинается с 2005 г., что связано с реализацией национальных программ в области здравоохранения, значительным увеличением финансирования данной сферы, развитием информационных технологий и появлением электронного здравоохранения (eHealth) [1].

Мобильное здравоохранение (mHealth) является одним из направлений eHealth, цель которого состоит в использовании информационных и коммуникационных технологий для здравоохранения. mHealth включает медицинские программы и приложения, информационно-справочные службы, диагностические устройства для смартфонов, носимые устройства для измерения различных показателей, мобильную телемедицину и управление медицинскими данными [2].

Функционал приложений mHealth реализуется с помощью смартфонов, куда загружается информация о состоянии здоровья пользователя, и устройств, считывающих определённые показатели функционирования организма (артериальное давление, сердечный ритм и прочие). Медицинские приложения помогают человеку более структурированно хранить результаты медицинских исследований, контролировать хронические заболевания, отслеживать изменения в организме, диагностировать патологии, прогнозировать исходы и многое другое [3]. Актуальной проблемой электронного здравоохранения является отсутствие связи между государственными и коммерческими медицинскими организациями, когда информация о здоровье пациента хранится в медицинских картах различных больниц. В этом случае синтезировать информацию по силам только самому пациенту [4]. При этом пациент не всегда готов вносить результаты исследований вручную, к тому же такой способ сбора информации связан с большой вероятностью ошибок. Для удобного и быстрого сбора персональных медицинских данных подходят мобильные приложения.

В данном обзоре рассматриваются мобильные приложения, используемые для хранения

и анализа результатов медицинских исследований. Подобные приложения предоставляют возможность хранить все данные о состоянии здоровья в одном месте, что значительно упрощает поиск необходимой информации, также систематизированное хранение медицинской информации позволяет отслеживать динамику изменения показателей, что благоприятно влияет на контроль хронических заболеваний.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выполнения данного обзора был проведён систематический поиск и анализ мобильных приложений, используемых для хранения результатов медицинских исследований. Поиск осуществлялся в магазинах приложений «App Store» и «Google Play», поиск научных статей проведен в библиографических базах данных PubMed, Embase и eLIBRARY. На первом этапе было отобрано 282 приложения, после изучения аннотаций и функций в обзор было включено 15 приложений из магазинов «App Store» и «Google Play». При поиске научной литературы на начальном этапе анализировались 48 статей, в обзор было включено 9 из них.

Ключевые слова для поиска мобильных приложений: «результаты анализов», «медицинские анализы», «расшифровка анализов», «дневник здоровья», «медицинская карта», «медицинские записи», «лабораторные анализы», «интерпретация результатов анализов», «test results», «medical tests», «interpretation of tests», «health diary», «medical record», «laboratory tests», «interpretation of test results».

Ключевые слова для поиска научных статей: «мобильные приложения для здоровья», «мобильное здравоохранение», «электронная медицинская карта», «электронное здравоохранение», «база данных электронных медицинских карт», «mobile applications for health», «m-Health», «electronic medical record», «e-Health», «electronic health records databases».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сегодня рынок мобильных приложений включает множество программных продуктов, позволяющих хранить медицинскую информацию в одном месте. Самой простой разновидностью таковых являются приложения, позволяющие сохранять персональную медицинскую

информацию в виде изображений. В приложении «Медицинская история» [5] имеется возможность загружать справки, рецепты на препараты, результаты осмотров, медицинских исследований и другие файлы в виде фотографий. Для каждого файла можно выбрать тип документа (анализ, осмотр, обследование и т.д.), направление медицины (аллергология, венерология и пр.) и добавить описание. Также имеется возможность создать групповые аккаунты, где могут храниться данные нескольких человек. Такие приложения позволяют пользователю хранить данные о здоровье в одном месте и минимально их систематизировать. Безусловно, такой подход позволяет быстро вносить медицинскую информацию в смартфон, но при этом программные продукты подобного характера имеют множество недостатков, хотя и имеют высокий средний рейтинг 4,45 баллов из 5 возможных (на основании данных магазинов мобильных приложений). Во-первых, для загрузки качественных изображений в базу пользователю необходимо иметь смартфон с хорошей камерой. Это необходимо для того, чтобы фотографии с медицинскими документами были четкие, только в таком случае пользователь или врач сможет проанализировать их. Во-вторых, не оцифровывая данные, никак не анализируя показатели, они являются скорее облачными хранилищами, чем помощниками в поддержании здоровья.

Другие приложения предусматривают ручной ввод данных, такой подход является более трудоёмким, долгим и подвержен ошибкам ввода, но при этом такие данные могут быть проанализированы. Medicalab [6] после ручного ввода данных производит расчёт рисков сердечно-сосудистых заболеваний и сахарного диабета, также выводятся рекомендации по необходимости выполнения других лабораторных анализов и модификации образа жизни. Приложение работает в тестовом режиме, в дальнейшем предполагается диагностика большего спектра патологий на основе машинного обучения. В приложении «Профилактикум» [7] создаётся обращение, куда вносятся основные данные о состоянии организма и привычках, далее выводится список рекомендуемых лабораторных исследований. После введения значений лабораторных показателей происходит интерпретация результатов, пользователю даются рекомендации по

питанию, физической нагрузке и приему витаминов. «Журнал здоровья: хранение анализов» [8] также предусматривает ручной ввод медицинской информации, все данные сохраняются на Яндекс-диске, при этом анализ данных не предусмотрен. Приложение «MyHealth Keeper» [9] позволяет пациентам вводить и хранить свою медицинскую информацию, загружать и сохранять изображения, а также устанавливать напоминания о визитах к врачу. При этом пациенты могут вводить только ограниченные типы личных данных, вся информация контролируется больницами и поставщиками медицинских услуг [10]. Такой тип мобильных приложений имеет значительное преимущество перед другими в плане возможности анализа загруженных данных. При этом пациенту, не имеющему медицинского образования, гораздо проще ошибиться при внесении медицинских показателей в приложение, чем медицинскому работнику. Перепутав единицы измерения или написав лишний знак после запятой, пациент может дезинформировать врача о состоянии своего здоровья. К тому же, процедура ввода данных с клавиатуры смартфона всегда сопряжена с большим количеством ошибок и опечаток. Таким образом, для качественного внесения данных пациенту необходимо затратить большое количество времени, а также проверить правильность заполнения данных. Средний рейтинг мобильных приложений этой группы составляет 3,1 из 5 возможных (на основании данных магазинов мобильных приложений).

Большим преимуществом программных продуктов является возможность оцифровки данных, это позволяет сократить время, потраченное на их ввод и уменьшить количество ошибок, совершенных при внесении данных. Приложения «Clouddocs» [11] и «Mestory» [12] оцифровывают данные с фотографий и строят графики, по которым можно наблюдать изменения показателей во времени. Также с помощью Clouddocs можно проводить онлайн-консультации с врачом. Важной задачей при оцифровке данных является устранение ошибок распознавания, приложение «Орнамент» [13] помимо вышеперечисленных функций предусматривает проверку данных пользователями. Также полезным дополнением к основному функционалу является справочная информация о здоровье

[13–15] и физические упражнения, подобранные для конкретного пользователя [7]. По нашему мнению, приложения такого типа являются одним из наилучших решений. Оцифровка данных и перевод их в вид, пригодный для анализа, позволяет значительно уменьшить время, которое пациент затрачивает на внесение данных, а также снижает вероятность ошибки. Сокращение времени внесения данных стимулирует пациентов использовать приложение на постоянной основе, а значит и хранить всю медицинскую информацию о здоровье в одном месте. Приложения с возможностью оцифровки данных оцениваются пользователями выше, чем приложения других типов, средний рейтинг первых 4,3 балла из 5 возможных (на основании данных магазинов мобильных приложений).

Перспективным направлением является применение методов машинного обучения в продуктах mHealth. В приложении «Labstory» [15] машинное обучение позволяет формировать персональные рекомендации по дальнейшей диагностике организма и образу жизни. С помощью «Biogenom» [14] можно получить второе мнение от искусственного интеллекта по поводу поставленного диагноза и назначенного лечения в соответствии со стандартами и клиническими рекомендациями, утвержденными министерством здравоохранения Российской Федерации. Средний рейтинг мобильных приложений этой группы составляет 4,0 из 5 возможных (на основании данных магазинов мобильных приложений). В настоящее время методы машинного обучения применяются в различных областях медицинской науки, это диагностика патологий на основании изображений, анализ электрокардиограмм, прогнозирование исходов и многое другое. При этом машинное обучение не так широко распространено в здравоохранении, как в других областях из-за сложности данных и их нехватки. Использование методов машинного обучения в медицинских приложениях позволит расширить функционал для пациента и врача, тем самым, улучшив качество медицинской помощи.

Мобильные технологии и носимые устройства открывают широкий спектр возможностей для улучшения качества наблюдения беременности. Благодаря постоянному мониторингу основных показателей здоровья беременной женщины можно снизить риски многих патологий

и упростить коммуникацию между женщиной и врачом. Приложение «Vuduca mama» [16] предусматривает ввод данных, относящихся к самой матери, а также мониторинг и сбор данных о плоде. Данные могут быть вставлены вручную или загружаться автоматически с устройств или датчиков. «MyHealthyPregnancy» [17; 18] собирает данные о факторах риска преждевременных родов посредством добровольных ежедневных оценок. Затем алгоритмы предоставляют информацию о риске для конкретного пациента и рекомендации (например, диета, образ жизни). Как только приложение обнаруживает события высокого риска, такие как насилие со стороны партнера, суицидальные мысли, или клинические признаки (например, преждевременные схватки), оно отправляет оповещения в режиме реального времени медицинскому персоналу. Также в функциях есть напоминания о визитах к врачу, доступ к полезной информации о беременности, а также средства мониторинга здоровья плода (счетчики движений плода, «пинков» и сокращений). Средний рейтинг таких приложений составляет 3,8 балла из 5 возможных. Для беременных приложения для хранения медицинских данных особенно актуальны. Множество обследований, контроль показателей крови, УЗИ и прочее — все эти результаты удобно хранить в одном месте. При этом существующие приложения для беременных способны собирать лишь некоторые показатели здоровья, на основании которых даются рекомендации и рассчитываются риски, не аккумулируя все данные о здоровье пациента.

Существуют приложения, медицинские данные в которые поступают из лечебных учреждений. Для использования подобных программных продуктов необходимо, чтобы медицинская организация была партнером приложения и поставляла туда данные о пользователе. В приложении «ONDOC» [19] доступна онлайн-запись, чат с клиникой, телемедицинские консультации, все данные об обследованиях и анализах вносятся в раздел «медицинская карта». В приложении «Health» [20] содержится информация об аллергиях, острых состояниях, прививках, результатах лабораторных исследований, лекарствах, процедурах и жизненно важных показателях. Кроме того, можно получать информацию с iPhone и Apple Watch, а также с совместимых

устройств и сторонних приложений. У пользователей «MyChart» [21] есть возможность общаться с врачами, просматривать результаты анализов, назначения, историю прививок и другую медицинскую информацию, просматривать смету расходов и оплачивать счета. Похожие функции имеет приложение PHR (Personal Health Records). Средний рейтинг таких приложений равен 4,1 балла из 5 возможных. Функциональность описанных программных продуктов зависит от настроек профиля клиники и от того, какую версию приложения использует медицинская организация. Для использования приложения необходимо открыть личный аккаунт в профиле своего медицинского учреждения. К тому же, ограниченный перечень клиник, которые подключены к приложению, не позволяет пациенту заносить результаты медицинских исследований, которые были проведены в других организациях, что значительно усложняет сбор данных.

Сегодня большинство крупных компаний заботится о здоровье своих сотрудников, современные работодатели не только предоставляют своим работникам дополнительное медицинское страхование, но и внедряют программные разработки для поддержки здоровья. Приложение «Workcare» [22; 23] служит для заботы о здоровье сотрудников организаций, содержит информацию о безопасности и гигиене труда, паспорта безопасности материалов. Оно позволяет работникам просматривать результаты общего медицинского осмотра, истории лечения, записываться на консультации офлайн и онлайн. Также возможен мониторинг и построение графиков по показателям АД, количества шагов, диеты, лекарств, уровня глюкозы в крови, веса, холестерина, температуры тела. Приложение «Workcare» позволяет хранить медицинские данные, полученные только в рамках медицинского осмотра, чего недостаточно для последующего использования врачами и оценки полной картины здоровья пациента.

ОБСУЖДЕНИЕ

Современный мир трудно представить без мобильных технологий, они стали мощным инструментом для увеличения качества медицинских услуг. Существует огромное количество приложений для здоровья, одни измеряют

пройденный путь, другие помогают следить за питанием, третьи анализируют лабораторные показатели. Конечно же, нельзя полагаться лишь на мобильных помощников, все указания в приложениях имеют рекомендательный характер, постановка диагноза и лечение остаётся задачей врача.

Рассмотренные в обзоре приложения служат для помощи в диагностике заболеваний, расчёта рисков, контроля хронических патологий и предоставления полезной информации. Эти функции особенно важны для населения отдалённых районов, где нет возможности получить квалифицированную медицинскую помощь. Сегодня сфера мобильных приложений для хранения результатов медицинских исследований развита недостаточно. На рынке наблюдается недостаток приложений с обширным функционалом, возможностью оцифровки данных и их первичным анализом. Одной из важных задач является оценка достоверности выводимых результатов подобных приложений, в неумелых руках и с неправильными результатами они могут скорее навредить, чем принести пользу. Одним из наиболее объективных инструментов оценки приложений для здоровья является шкала MARS (Mobile App Rating Scale) [24]. MARS обеспечивает многомерную оценку качества приложения, рассматривается вовлечённость пользователя, функциональность, эстетичность и достоверность предоставляемой информации, а также субъективное качество приложения. Использование оценочных шкал позволит выявить слабые места программных продуктов и исправить их.

В качестве гипотез или вопросов, требующих дальнейшего изучения и исследований, которые могут заключаться в анализе уже опубликованных работ или в проведении оригинальных исследований, можно обозначить оценку эффективности практического применения разрабатываемых мобильных приложений с использованием различных математических моделей (анализ чувствительности, специфичности и иных показателей, характеризующих диагностическую ценность разработанных инструментов при практическом применении), а также роль данных инструментов в повышении качества и доступности медицинской помощи на территориальном или государственном уровнях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Медицинская сфера испытывает явный кадровый дефицит. Одновременно с повышением врачебной нагрузки растет распространенность хронических заболеваний в связи с увеличением продолжительности жизни населения, а вместе с этим и расходы системы здравоохранения. Для решения этих проблем населению необходимы инструменты для лучшего контроля за состоянием своего здоровья.

Повсеместное распространение и увеличение технических возможностей смартфонов стало предпосылкой для внедрения mHealth в повседневную жизнь человека. Мобильное здравоохранение в будущем станет неотъемлемой частью жизни людей, мобильные приложения уже сейчас становятся помощниками врачей в контроле хронических заболеваний, ведении беременности, профилактики и многого другого. Для улучшения функционирования mHealth необходимо плотное сотрудничество всех участников сферы здравоохранения. Обеспечив интеграцию данных из всех лечебных учреждений, появится возможность использования личной электронной медицинской карты, включающей полную информацию о здоровье пациента.

В настоящее время на портале Госуслуг ведется разработка сервиса «Моё здоровье», уже

сейчас с помощью него можно дистанционно записываться к врачу, на вакцинацию, получить сведения о результатах исследований и иммунизации против новой коронавирусной инфекции, запросить сведения по электронному больничному листку и другое. В будущем планируется модернизировать сервис и для хранения всех медицинских документов, в том числе данных из коммерческих медицинских организаций, а также добавить возможность самостоятельной загрузки данных пользователем [25]. На сегодняшний день имеется возможность предоставления доступа к электронным медицинским документам при оформлении заявления, при этом, если медицинская организация не подключена к услуге, данные получить не удастся. Самостоятельно размещать свои медицинские документы в настоящий момент пациент на портале не может.

В перспективе внедрение приложений для здоровья в государственную систему здравоохранения позволит значительно снизить экономические затраты на поддержание функционирования классического взаимодействия врача и пациента, увеличит доступность квалифицированной медицинской помощи в отдаленных регионах и позволит повысить осведомленность населения о здоровом образе жизни.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Улумбекова Г.Э., Гинойан А.Б. Финансирование здравоохранения для достижения ожидаемой продолжительности жизни в России 78 лет к 2030 году // Народонаселение. — 2022. — Т.25. — №1. — С.129-140. [Ulumbekova GE, Ginoyan AB. Healthcare financing to achieve 78 years of life expectancy in Russia by 2030. Population. 2022; 25(1): 129-140. (In Russ).] doi: 10.19181/population.2022.25.1.11.
2. Никитин П.В., Мурадянц А.А., Шостак Н.А. Мобильное здравоохранение: возможности, проблемы, перспективы // Клиницист. — 2015. — Т.9. — №4. — С.13-21. [Nikitin PV, Muradyants AA, Shostak NA. Mobile healthcare services: possibilities, problems, prospects. The Clinician. 2015; 9(4): 13-21. (In Russ).] doi: 10.17650/1818-8338-2015-10-4-13-21.
3. Tajudeen FP, Bahar N, Pin TM, et al. Mobile Technologies and Healthy Ageing: A Bibliometric Analysis on Publication Trends and Knowledge Structure of mHealth Research for Older Adults. International Journal of Human-Computer Interaction. 2021; 38(2): 118-130. doi: 10.1080/10447318.2021.1926115.
4. Зингерман Б.В. Персональная электронная медицинская карта — сервис, доступный уже сейчас // Врач и информационные технологии. — 2010. — №7. — С.15-25. [Zingerman BV. Personal electronic health record—a service available today. Medical Doctor and IT. 2010; 7: 15-25. (In Russ).]
5. Медицинская история в Google play. [доступ от 29.03.2022]. Доступ по ссылке <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.history.medical&hl=ru&gl=US>. [Medical history on the Google play. [cited 29.03.2022]. Available from: <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.history.medical&hl=ru&gl=US>. (In Russ).]
6. Medicalab on the Google play. [cited 30.03.2022]. Available from: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ahmed.dev.medicallab>.

7. Профилактикум в Google play. [доступ от 29.03.2022]. Доступ по ссылке <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.magerya.profilaktikum>. [Prophylacticum on the Google play [cited 29.03.2022]. Available from: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.magerya.profilaktikum>. (In Russ).]
8. Журнал здоровья: хранение результатов в Google play [доступ от 30.03.2022]. Доступ по ссылке <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.journalHealth>. [Health log: storage of results on the Google play [cited 29.03.2022]. Available from: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.journalHealth>. (In Russ).]
9. MyHealth Keeper on the App Store. [cited 01.04.2022]. Available from: <https://appadvice.com/app/myhealthkeeper/1318511811>.
10. Ryu B, Kim N, Heo E, et al. Impact of an electronic health record-integrated personal health record on patient participation in health care: development and randomized controlled trial of MyHealthKeeper. *Journal of medical Internet research*. 2017; 19(12): e8867. doi: 10.2196/jmir.8867.
11. Clouddocs on the Google play [cited 29.03.2022]. Available from: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.satvaspace.clouddocs>.
12. Mestory on the Google play [cited 01.04.2022]. Available from: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mestory.app>.
13. Ornament on the Google play [cited 05.04.2022]. Available from: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ornament.monitor>.
14. Biogenom в Google play [cited 05.04.2022]. Available from: https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.biogenom.mobile.android&referrer=appmetrica_tracking_id%3D820202053686020675%26ym_tracking_id%3D13635862661620415701%26appmetrica_deep_link%3Dhttps%253A%252F%252Fbiogenom.ru%252Fdeeplink%252Fapp.
15. Labstory в Google play [cited 10.04.2022]. Available from: <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.labstori.android>.
16. Bjelica D, Bjelica A, Despotović-Zrakić M, et al. Designing an IT Ecosystem for Pregnancy Care Management Based on Pervasive Technologies. In *Healthcare*. 2020; 9(1): 12. doi: 10.3390/healthcare9010012.
17. Krishnamurti T, Davis AL, Wong-Parodi G, et al. Development and testing of the Myhealthypregnancy app: a behavioral decision research-based tool for assessing and communicating pregnancy risk. *JMIR mHealth and uHealth*. 2017; 5(4): e7036. doi: 10.2196/mhealth.7036.
18. Myhealthypregnancy в App Store [cited 10.04.2022]. Available from: <https://apps.apple.com/us/app/mhp-myhealthypregnancy/id1436565820>.
19. ONDOC в Google play [cited 11.04.2022]. Available from: <https://play.google.com/store/apps/details?id=me.ondoc.main&ah=EO-s7cgUqHMVYx8jJUGIGa0DdpA&hl=ru>.
20. Health on the App Store [cited 10.04.2022]. Available from: <https://apps.apple.com/us/app/%D0%B7%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8C%D0%B5/id1242545199?l=ru>.
21. MyChart on the Google play [cited 05.04.2022]. Available from: <https://play.google.com/store/apps/details?hl=en&id=epic.mychart.android>.
22. Park HS, Kim KI, Chung HY, et al. A Worker-Centered Personal Health Record App for Workplace Health Promotion Using National Health Care Data Sets: Design and Development Study. *JMIR Medical Informatics*. 2021; 9(8): e29184. doi: 10.2196/29184.
23. Workcare в Google play [cited 29.03.2022]. Available from: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.concordehealth.workcare.android&hl=en_US&gl=US.
24. Stoyanov SR, Hides L, Kavanagh DJ, et al. Mobile app rating scale: a new tool for assessing the quality of health mobile apps. *JMIR mHealth and uHealth*. 2015; 3(1): e3422. doi: 10.2196/mhealth.3422
25. Постановление Правительства РФ №140 от 09.02.2022. «О единой государственной информационной системе в сфере здравоохранения». Доступно по: <http://government.ru/news/44540/>. Ссылка активна на 14.12.2022. [Decree of the Government of Russian Federation №140 of 9 February 2022. «O edinoj gosudarstvennoj informacionnoj sisteme v sfere zdravooxranenija». Available from: <http://government.ru/news/44540/>. (14.12.2022) (In Russ).]

МИШКИН И.А.,

ГУЗ ТО Киреевская ЦРБ, Тула, Россия, e-mail: Ilya.mischkin@yandex.ru

ГУСЕВ А.В.,

к.т.н., ФГБУ ЦНИИОЗ Минздрава России, Москва, Россия; ООО «К-Скай»,
Петрозаводск, Россия, e-mail: agusev@webiomed.ai

КОНЦЕВАЯ А.В.,

д.м.н., ФГБУ «НМИЦ ТПМ» Минздрава России, Москва, e-mail: koncanna@yandex.ru

ДРАПКИНА О.М.,

академик РАН, д.м.н., профессор, ФГБУ «НМИЦ ТПМ» Минздрава России,
Москва, Россия, e-mail: drapkina@bk.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ MHEALTH В КАЧЕСТВЕ ИНСТРУМЕНТА ПРОФИЛАКТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ. СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_12

Аннотация.

Введение. На сегодняшний день в связи с общемировым трендом старения населения планеты заболевания сердечно-сосудистой системы остаются на первом месте. При этом все большую популярность начинает приобретать программное обеспечение (ПО) в области мобильной медицины — mHealth. В данной работе мы рассматриваем эффективность использования этого ПО в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний.

Материалы и методы. Исследование выполнено в соответствии со стандартом PRISMA. В обзор включены оригинальные исследования за период с 2018 по 2022 гг. Поиск материала произведен по 5 базам данных: Elibrary, PubMed, Scopus, Google Scholar и ResearchGate.

Результаты и обсуждения. В работу были включены 15 оригинальных клинических исследований. Соотношение публикаций по годам составило: 2021 год — 47%, 2020 год — 40%, 2019 год — 13%. Количество участников исследования варьировалось от 28 до 28 189 человек, медиана — 333. Возраст субъектов составил от 45 до 68,5 лет ($M \pm SD = 59,9 \pm 2,1$ года). Период наблюдения от 1,5 до 36 месяцев ($M \pm SD = 9,4 \pm 2,5$ лет). Процент достоверности полученных результатов составлял от 0% до 100%, среднее — 69,7%. Доля публикаций, где достоверная эффективность была доказана на уровне 100%, составила 46,7%, менее, чем в 50% — 26,7%, отсутствие эффективности было выявлено в 6,7% исследований. В 13,3% статей эффективность не была оценена. Большинство исследований было проведено в США — 20%, Великобритании — 13,3%, Китае — 13,3%, России, Бельгии, Германии и Австралии — 6,7%. В 13,3% работ были использованы технологии искусственного интеллекта.

Выводы. Выполненное систематическое исследование наглядно показало, что использование mHealth имеет значительные преимущества по сравнению с традиционными методами профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

Ключевые слова: mHealth, мобильное здравоохранение, эффективность использования, сердечно-сосудистые заболевания, профилактика, искусственный интеллект.

Для цитирования: Мишкин И.А., Гусев А.В., Концевая А.В., Драпкина О.М. Эффективность использования mHealth в качестве инструмента профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Систематический обзор. Врач и информационные технологии. 2022; 4: 12-27. doi: 10.25881/18110193_2022_4_12.

MISHKIN I. A.,

Tula State Healthcare Institution district Kireevskaya central district hospital, Tula, Russia,
e-mail: Ilya.mischckin@yandex.ru

GUSEV A.V.,

PhD., Russian Research Institute of Health, Moscow, Russia; Ltd «K-Sky», Petrozavodsk, Russia,
e-mail: agusev@webiomed.ai

KONTSEVAYA A.V.,

DSc, National Research Center for Preventive Medicine, Moscow, Russia, e-mail: koncanna@yandex.ru

DRAPKINA O.M.,

Academician of the RAS, DSc, Professor, National Research Center for Preventive Medicine, Moscow, Russia,
e-mail: drapkina@bk.ru

MHEALTH APPS AS A TOOL FOR THE PREVENTION OF CARDIOVASCULAR DISEASES. SYSTEMATIC REVIEW

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_12

Abstract.

Introduction. Cardiovascular diseases remain the leading cause of death globally due to the global trend of aging. Mobile medicine — mHealth — is gaining more popularity each year. In this paper, we consider the effectiveness of mHealth in the prevention of cardiovascular events.

Materials and methods. The study was performed in accordance with PRISMA checklist. Original studies published in 2018–2022 were considered for inclusion in systematic review. Elibrary, PubMed, Scopus, Google Scholar u ResearchGate were searched for the studies.

Results. Systematic review included 15 original clinical studies. Number of studies per year was as follows: 2021 — 47%, 2020 — 40%, 2019 — 13%. Sample size in the studies varied from 28 to 28 189 people (median — 333). Age of participants ranged from 45 to 68.5 years ($M \pm SD = 59.9 \pm 2.1$ years), follow-up period was 1.5–36 months ($M \pm SD = 9.4 \pm 2.5$ years). Reliability of studies results was 0–100% (median — 69.7%). The proportion of studies with reliability of 100% was 46.7%, less than 50% — 26.7%. No effectiveness from the use of mHealth was found in 6.7% of the studies, with 13.3% of included studies didn't evaluate effectiveness at all. The majority of studies came from USA (20%), United Kingdom (13.3%), China (13.3%). Others came from Russia, Belgium, Germany and Australia (6.7% each). Artificial intelligence was used in 13.3% of the studies.

Conclusion. This systematic review demonstrated significant benefit from using mHealth for prevention of cardiovascular diseases compared to standard approaches.

Keywords: mHealth, mobile healthcare, usage efficiency, cardiovascular diseases, prevention, artificial intelligence.

For citation: Mishkin I.A., Gusev A.V., Kontsevaya A.V., Drapkina O.M. mHealth apps as a tool for the prevention of cardiovascular diseases. Systematic review. Medical doctor and information technology. 2022; 4: 12–27. doi: 10.25881/18110193_2022_4_12.

ВВЕДЕНИЕ

По данным ВОЗ, Американской ассоциации кардиологов и Европейского общества кардиологов доля сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) остается на первом месте среди всех хронических неинфекционных заболеваний, регистрируемых в мире [1–3]. С 1990 г. ежегодное число случаев ССЗ увеличилось в 2 раза с 271 млн. случаев до 523 млн. в 2019 г. [4]. Таким образом каждый 14 человек на планете страдает одним из ССЗ. В Российской Федерации (РФ) распространенность болезней системы кровообращения на 2021 год оценивалась в 30,5 случаев на 1 тыс. человек [5]. Смертность же от данной патологии составила 933,986 тыс. человек в абсолютных показателях [6].

В первую очередь данная тенденция связана с общемировым старением населения планеты. По прогнозам к 2050 доля людей старше 60 лет превысит 22%. В развитых странах это значение будет еще выше, например, в США более 26%, в Европе более 32%. Для РФ данный показатель составит 29,9% [7]. Данный факт, несомненно, приведет к повышению спроса на медицинские услуги.

В связи с нехваткой медицинского персонала, частой недоступностью медицинской помощи в связи с широкой географией проживания населения, а также высокой стоимостью лечения, в мире набирает популярность развитие цифровой мобильной медицины (mHealth) [8–10].

ВОЗ определяет термин «mHealth», как отрасль электронного здравоохранения, обеспечивающую доступ к медицинской помощи посредством мобильных устройств [11].

На 2022 год 6,6 млрд. человек на планете являются обладателями смартфонов с доступом в интернет, и данный показатель растет на 4,5% ежегодно [12]. Указанная тенденция определяет значительный рост рынка mHealth с 56,8 млрд. долларов в 2022 году до 130,6 млрд. долларов к 2030 году [13].

По данным исследования «Индекс здоровья будущего-2018» 82% населения РФ хотели бы дистанционно консультироваться с врачом. Также продемонстрировано, что 34% тех жителей России не пользуется цифровыми медицинскими технологиями. Респонденты отметили, что начнут делать это, когда будут уверены в конфиденциальности своих данных [14].

Лапкин и соавт. [15] определили, что мобильными приложениями для поддержания здорового образа жизни пользуются в основном женщины до 45 лет (67%) и мужчины как молодого, так и зрелого возраста (54% и 46%, соответственно). Респонденты в возрасте 60 лет и старше практически не используют mHealth. В основном 42% респондентов используют мобильные приложения лишь по надобности, примерно один раз в год, 25% обращаются к приложениям ежемесячно. Ежедневное использование мобильных медицинских приложений осуществляют 16% респондентов, а 17% никогда ими не пользовались. При исследовании заинтересованности студентов состоянием своего здоровья было обнаружено, что 65,8% респондентов предпочли бы вести здоровый образ жизни с помощью мобильных приложений. При этом люди с лишним весом проявили интерес в 3,7 раза больше [16].

В США в настоящее время каждый пятый американец имеет на своем смартфоне как минимум одно mHealth приложение. При этом процент людей, активно использующих mHealth, среди возрастных групп 18–34 года и 35–54 года почти одинаковый: 25% и 24%, соответственно [17].

Наиболее часто выделяют следующие виды mHealth приложений [18]:

- контроль за физическим состоянием организма путем считывания жизненных показателей (автоматическая загрузка данных с носимых устройств или ручной ввод);
- контроль за ментальным здоровьем (mental health);
- приложения для женского здоровья;
- приложения для записи в медицинские центры;
- медицинские и фармацевтические справочники;
- приложения для взаимодействия с врачом сообществом;
- ведение персональных медицинских записей и др.

К основным преимуществам использования приложений mHealth относят: возможность удаленного доступа к медицинскому консультированию (телемедицине), электронное хранение сведений о состоянии здоровья, возможность самостоятельно контролировать состояние своего здоровья и получать необходимую информацию [19].

Достоинства mHealth также подтверждены мнением врачей. Более 75% молодых российских специалистов согласны с тем, что цифровые медицинские технологии могут помочь улучшить результаты лечения пациентов и восприятие ими медицинских услуг [20]. Также по данным Kong T. et al. [21] более 80% американских врачей считают, что использование мобильной медицины повысит точность и качество медицинской помощи.

Целью нашего исследования стал анализ эффективности использования приложений mHealth в качестве инструмента профилактики ССЗ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено в форме систематического обзора, в соответствии со стандартом PRISMA [22]. Дизайн исследования представлен на рис. 1.

В данный обзор были включены оригинальные исследования, выполненные за период 5 лет: с 2018 по 2022 гг. Критерием включения являлось наличие в публикации информации об использовании мобильных приложений для контроля и профилактики ССЗ. Критерием исключения являлось указание в работе иных технологий цифрового здравоохранения, таких как SMS информирование,

телемедицина, носимые устройства и т.д. Также в наше исследование мы не стали включать публикации по теме mHealth, в которых отсутствовали явные или косвенные признаки применения данных технологий для профилактики ССЗ.

Поиск материала был произведен по 5 базам данных: Elibrary, PubMed, Scopus, Google Scholar и ResearchGate. Были использованы следующие ключевые слова: «mHealth», «мобильное здравоохранение», «эффективность использования», «сердечно-сосудистые заболевания», «профилактика», «искусственный интеллект» (англ: «mHealth», «mobile healthcare», «usage efficiency», «cardiovascular diseases», «prevention», «artificial intelligence»).

Анализ полученного материала производился в программе SPSS Statistics 22.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате поиска было найдено 912 работ. После удаления дубликатов было отобрано 217 статей. Анализ проводили два исследователя, которые независимо друг от друга просматривали резюме публикаций на предмет соответствия целям систематического обзора. Расхождения в мнении экспертов разрешались путем переговоров. В окончательный анализ включено 15 публикаций (таблица 1).

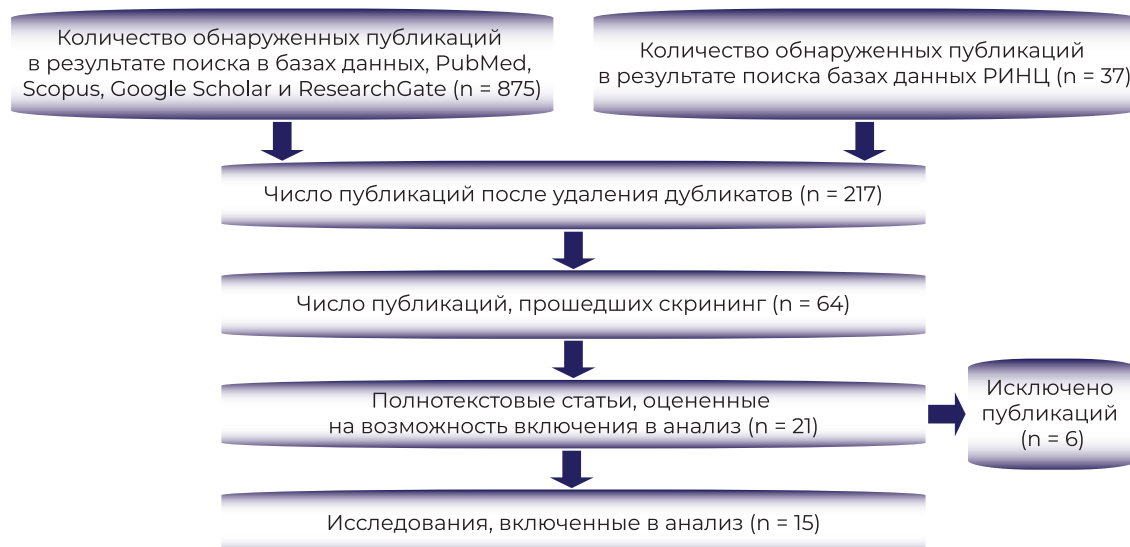


Рисунок 1 — Дизайн исследования.

Таблица 1 — Характеристика оригинальных клинических исследований, рассматривающих эффективность использования mHealth приложений в качестве инструмента профилактики сердечно-сосудистых заболеваний

№	Авторы исследования	Характеристики выборки	Период наблюдения	Методы взаимодействия	Конечные точки	Оцениваемые показатели	Подтверждение положительного эффекта	Ограничения, выделяемые авторами	Использование технологий ИИ
1	Куликова М.С. с соавт.	99 участников с избыточной массой тела, жители России, средний возраст 45 лет	6 месяцев	Мобильное приложение «Доктор ПМ»	Снижение факторов риска развития ССЗ	Окружность талии, ИМТ, пищевые привычки	да	Авторы не выделяют	Не указано
2	Payne Riches S. et al.	50 участников с диагностированной АГ, средний возраст 65±11 лет, Великобритания	6 недель	Мобильное приложение SaltSwap	Осложнения ССЗ	Количество потребления соли, показатели АД	нет	– недоказанная эффективность	Не указано
3	Guo Y. et al.	3324 участника жители Китая, пациенты с ФП, средний возраст 68,5 лет	291 день	Мобильное приложение mAFA	Развитие ишемического и системного тромбоза, смерти и повторных госпитализаций	Мониторинг сердечного ритма, фотоплетизмограмма,	да	– участники первой группы были в среднем моложе чем в среднем в популяции людей с ФП – относительно короткий период наблюдения – исключительно азиатская популяция	Не указано
4	Lunde P. et al.	113 участник, пациенты с заболеваниями коронарных артерий, после оперативного лечения клапанной недостаточности и прочими ССЗ	1 год	Мобильное приложение	Коррекция факторов риска, повышение уровня физической активности, общее улучшение состояния	VO2peak, адаптация к физической нагрузке, ИМТ, АД, данные анализов крови, HRQL, статус здоровья	В 77% оцениваемых показателей	– использование различного оборудования в начале исследования и в процессе его завершения	Не указано

Таблица 1 — Характеристика оригинальных клинических исследований, рассматривающих эффективность использования mHealth приложений в качестве инструмента профилактики сердечно-сосудистых заболеваний (продолжение)

№	Авторы исследования	Характеристики выборки	Период наблюдения	Методы взаимодействия	Конечные точки	Оцениваемые показатели	Подтверждение положительного эффекта	Ограничения, выделяемые авторами	Использование технологий ИИ
5	Clays E. et al.	56 участников, пациенты с ХСН, население Бельгии, средний возраст 63±10,5 лет	6 месяцев	Мобильное приложение HeartMan	HRQoL (качество жизни, связанное со здоровьем) и самоконтроль	SCHF, индекс самообслуживания при сердечной недостаточности; HRQoL, качество жизни, связанное со здоровьем; MLHFQ, анкета; 6MWT, тест на 6-минутную ходьбу, количество ударов в минуту, IQR, межквартильный диапазон; LVEF, фракция выброса левого желудочка	В 33% оцениваемых показателей	– маленький объем выборки	Не указано
6	Ernsting C. et al.	1,5 тыс. участников, пациенты с ГБ, СД, заболевания коронарных артерий, перенесшие инсульт, ИМ, жители Германии, средний возраст 55,1±8,25	?	Мобильное приложение the Pfizer Monitor "App Utilization."	Приверженность к оцениваемым показателям	Состояние здоровья, медицинская грамотность, поведенческие особенности	В 31% оцениваемых показателей	– использование в исследовании предполагаемой эффективности, а не показателей поведенческих результатов или результатов для здоровья – данные самоотчетности	Не указано

Таблица 1 — Характеристика оригинальных клинических исследований, рассматривающих эффективность использования mHealth приложений в качестве инструмента профилактики сердечно-сосудистых заболеваний (продолжение)

№	Авторы исследования	Характеристики выборки	Период наблюдения	Методы взаимодействия	Конечные точки	Оцениваемые показатели	Подтверждение положительного эффекта	Ограничения, выделяемые авторами	Использование технологий ИИ
7	Gallagher R. et al.	394 участника с ССЗ, жители Австралии, средний возраст	6 месяцев	мобильное приложение MyHeart-Mate с элементами игры	Осложнения ССЗ	Уровень физической активности, уровень липидов крови, АД, ИМТ, приверженность к диете, курение, ментальное здоровье, приверженность к регулярному приему лекарств, сердечно-сосудистый риск, развитие сердечно-сосудистых событий	?	– ограничение распространения результатов на другие страны	Не указано
8	Persell S.D. et al.	333 участника с АГ, средний возраст 58,9±12,8 лет, жители США	6 месяцев	Мобильное приложение Hello Heart	Снижение и контроль АД	Показатели АД	В 5% оцениваемых показателей	– проведение не слепого исследования – субъективное предоставление результатов участниками – рандомизированный набор участников, часть из которых была не склонна к использованию мобильного приложения – небольшой объем выборки – использование бета-версии мобильного приложения – использованные алгоритмы ИИ позволяют лучше работать при использовании большого количества данных	Используется

Таблица 1 — Характеристика оригинальных клинических исследований, рассматривающих эффективность использования mHealth приложений в качестве инструмента профилактики сердечно-сосудистых заболеваний (продолжение)

№	Авторы исследования	Характеристики выборки	Период наблюдения	Методы взаимодействия	Конечные точки	Оцениваемые показатели	Подтверждение положительного эффекта	Ограничения, выделяемые авторами	Использование технологий ИИ
9	Gazit T. et al.	28,189 тыс. участников с АГ, жители США, средний возраст 51 год	3 года	Мобильное приложение Hello Heart	Снижение и контроль АД	Показатели АД	да	– исследование проводилось среди лиц среднего возраста, имеющих медицинскую страховку, спонсируемую работодателем, и может иметь ограничения при экстраполяции на лиц старшего возраста	Используется
10	Wei K.S. et al.	28 участников с ХСН, средний возраст 63 года	60 дней	Мобильное приложение The Habits Heart App	Контроль ХСН	Показатели астрометрии, значений АД, уровень физической активности	В 60% оцениваемых показателей	Авторы не выделяют	Не указано
11	Chandler J. et al.	388 участников с АГ, жители США	12 месяцев	Мобильное приложение TT app	Контроль и снижение АД	ЧСС, АД	Да	– маленький объем выборки – не учтенность уровня физической активности у участников	Не указано
12	Paruchuri K. et al.	118 участников, перенесших стентирование коронарных артерий по поводу ИБС, средний возраст 62,5 лет, жители Великобритании	90 дней	Мобильное приложение	Частота повторных госпитализаций	Приверженность к лечению, частоты повторных госпитализаций	Приверженность к лечению	– отсутствие 100% репрезентативности участников исследования – короткий срок наблюдения – анализ исключительно электронной информации	Не указано

Таблица 1 — Характеристика оригинальных клинических исследований, рассматривающих эффективность использования mHealth приложений в качестве инструмента профилактики сердечно-сосудистых заболеваний (продолжение)

№	Авторы исследования	Характеристики выборки	Период наблюдения	Методы взаимодействия	Конечные точки	Оцениваемые показатели	Подтверждение положительного эффекта	Ограничения, выделяемые авторами	Использование технологий ИИ
13	Guo Y. et al.	1,261 тыс. участников, пациенты с ФП, средний возраст 67 лет	687 дней	Мобильное приложение The Atrial Fibrillation App	Развитие ишемического инсульта, тромбоза, эмболизма, смерти, повторных госпитализация	Приверженность к лечению, частоты повторных госпитализаций	Да	– исследование проведено на когорте людей с высоким процентом использования смартфонов	Не указано
14	Gong K. et al.	480 участников, пациенты с АГ, жители Китая, средний возраст 59,5 лет	6 месяцев	Мобильное приложение The “Yan Fu” app	Снижение показателей АД	Показатели АД	Да	– короткий период наблюдения – необъективность оценки приверженности к лечению	Не указано
15	Paldán K. et al.	39 участников с различными ССЗ	3 месяца	Мобильное приложение TrackPAD app	Увеличение дистанции 6-ти минутной пешей ходьбы	Дистанция	Да	Авторы не выделяют	Не указано

Примечания: ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания, ИМТ — индекс массы тела, АГ — артериальная гипертензия, ФП — фибрилляция предсердий, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ГБ — гипертоническая болезнь, СД — сахарный диабет, ИМ — инфаркт миокарда, ИИ — искусственный интеллект, ЧСС — частота сердечных сокращений, ИБС — ишемическая болезнь сердца.

Большая часть исследований была опубликована в 2021 году — 47%, в 2020 году — 40% и в 2019 году — 13%. Количество участников варьировалось от 28 до 28189 человек, медианное значение — 333. Средний возраст субъектов составил от 45 до 68,5 лет ($M \pm SD = 59,9 \pm 2,1$ года). Период наблюдения от 1,5 до 36 месяцев ($M \pm SD = 9,4 \pm 2,5$ лет).

Как правило, для оценки эффективности использования mHealth приложений использовали рандомизированные клинические исследования с разделением участников на две группы:

с использованием мобильного приложения и контрольную с традиционными методами оценки здоровья (получение рекомендаций при посещении клиники, очное наблюдение специалиста и т.д.).

Процент достоверности полученных результатов составлял от 0% до 100%, в среднем 69,7%. При этом доля статей, где эффективность была доказана менее, чем в 50% исследуемых показателей, составила 26,7%. 100% доказанная эффективность была выявлена в 46,7% анализируемых исследований и 0% — в 6,7% работ. Отсутствие

данной информации наблюдалось в 13,3% публикаций.

Большинство исследований было проведено в США — 20%, Великобритании — 13,3%, Китае — 13,3%, России, Бельгии, Германии и Австралии — 6,7%. В 33,3% рассмотренных статей данные о стране проведения исследования отсутствовали. В 13,3% работ были применены технологии искусственного интеллекта (ИИ).

Куликова М.С. с соавт. [23] доказали, что использование мобильного приложения «Доктор ПМ» привело к существенному снижению массы тела, объема талии и коррекции пищевого поведения — основных факторов риска развития ССЗ. В среднем показатель индекса массы тела в группе, где использовали приложение, снизился на 10%, что на 4% выше, чем в группе контроля. Аналогичные результаты были достигнуты в коррекции объема талии — 7% и 5%, соответственно. Такие же показатели наблюдались и в коррекции пищевого поведения.

Payne Riches S. et al. [24] изучили эффективность использования мобильного приложения SaltSwap для снижения потребления соли и коррекции показателей артериального давления (АД). Несмотря на то, что в среднем в группе пациентов, использовавших SaltSwap, снижение потребления соли по сравнению с группой контроля было на 6% больше, различия оказались незначительными. Аналогичная ситуация наблюдалась с показателями АД.

Guo Y. et al. [25] изучили мобильное приложение для снижения риска развития инсульта, сердечно-сосудистой смерти и риска повторных госпитализаций. Было показано, что средний риск снизился в 3 раза по сравнению с группой контроля, благодаря этой технологии.

Lunde P. et al. [26] также выявили, что большинство оцениваемых показателей удалось скорректировать благодаря использованию мобильного приложения. Отсутствие статистических различий наблюдалось только в коррекции липидного спектра крови. Напротив, Clays E. et al. [27] достоверные результаты получили лишь в снижении уровня депрессии и тревоги.

Ernsting C. et al. [28] достигли статистически значимые показатели в повышении медицинской грамотности и уровня ментального здоровья. При этом наиболее выраженный

положительный эффект был обнаружен у пользователей молодого возраста.

Persell S. D. et al. [29] получили противоречивые результаты. В течение 6 месяцев в группе контроля в среднем удалось снизить показатели АД на 25% больше, чем в группе, использовавшей приложение Hello Heart. Однако, различия являлись статистически недостоверными. Значимыми оказались лишь различия в уверенности в себе при контроле показателей АД, хотя они были в среднем выше в группе контроля. Последующие исследования данного мобильного приложения продемонстрировали значительный рост его эффективности. При расширении временного лага наблюдения и набора большего количества участников были получены статистически достоверные результаты: за 3 года наблюдений у участников группы Hello Heart удалось добиться снижения систолического АД (сАД) в среднем на 7,2 мм рт.ст., диастолического АД (дАД) на 4,4 мм рт.ст.

Wei K.S. et al. [30] продемонстрировали повышение уровня знаний пациентов о хронической сердечно недостаточности (ХСН), что привело к улучшению качества жизни пациентов. Также удалось достичь снижения массы тела, однако различия оказались незначительными.

Chandler J. et al. [31] использовали мобильное приложение для практики дыхательной медитации с целью контроля АД. Статистически значимые результаты были получены на 6 и 12 месяцы применения.

Gong K. et al. [32] доказали, что с дополнительной помощью мобильного приложения снижение сАД и дАД в среднем оказалось эффективнее на 38% по сравнению с группой контроля. Также в группе людей, использующих приложение, в среднем выросла приверженность к регулярно контролю АД и приему медикаментов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки репрезентативности полученных нами результатов мы сравнили их с данными, выявленными в аналогичных систематических обзорах и метаанализах отечественных и зарубежных авторов.

В двух работах отечественных авторов, представленных в таблице 2, рассматриваются клинические исследования зарубежных авторов. Результаты разнятся между 100% и 0% доказанной эффективностью в первом и втором случае.

Таблица 2 — Характеристика обзоров и мета-анализов, включающих работы, рассматривающие эффективность использования mHealth в качестве инструмента профилактики ССЗ

№	Авторы исследования	Тип исследования	Количество включенных работ, оценивающих эффективность mHealth в профилактике сердечно-сосудистых событий	Выделяемое заболевание	Число работ, в которых достоверно подтвержден положительный терапевтический эффект ($p < 0,05$), (%)	Выделяемые авторами недостатки	Использование ИИ
1	Шадеркин И.А с соавт.	Обзор литературы	2	ХСН	2 (100%) — число экстренных госпитализаций	– несовершенство законодательных основ для полноценного внедрения в РФ, – недостаточное финансирование, – консервативность системы и врачей	Не указано
2	Семутенко К.М. с соавт.	Обзор литературы	1	ССЗ	0 (0%)	Не указано	Не указано
3	Khan Z.F. et al.	Обзор литературы	1	ХСН	1 (100%) — снижение ложной диагностики ХСН	– неспособность некоторой частью населения использовать цифровые технологии, – возможность утери персональных данных и передачи их третьим лицам	Да
4	Akinosun A.S. et al.	Систематический обзор и мета-анализ	25	ССЗ	25 (100%) (исключительно в коррекции уровня ОХ, ЛПВП, ЛПНП, уровня физической активности и количества потребляемых калорий). Для коррекции таких показателей, как ИМТ, ТГ, сАД, дАД, и HbA1c статически значимых различий не было найдено ни в одном из исследований	– преобладающее число женщин, принявших участие в исследованиях (отношение мужчин\женщин — 75,22%)	Не указано
5	Holl F. et al.	Квази-систематический обзор	38	ССЗ	Не указано	Не указано	Не указано

Таблица 2 — Характеристика обзоров и мета-анализов, включающих работы, рассматривающие эффективность использования mHealth в качестве инструмента профилактики ССЗ (продолжение)

№	Авторы исследования	Тип исследования	Количество включенных работ, оценивающих эффективность mHealth в профилактике сердечно-сосудистых событий	Выделяемое заболевание	Число работ, в которых достоверно подтвержден положительный терапевтический эффект ($p < 0,05$), (%)	Выделяемые авторами недостатки	Использование ИИ
6	Changizi M. et al.	Систематический обзор	11	Факторы риска ССЗ (сАД, низкая физическая активность, количество и качество сна, депрессия и т.д.)	7 (63,3%): 4 (36,4%) — повышение физической активности; 1 (9,1%) — снижение АД, уровня глюкозы, объема талии, ЛПНП, ОХ, ТГ); 1 (9,1%) — снижение симптомов депрессии; 1 (9,1%) — снижение индекса массы тела	- на сегодняшний день недостаточно активное использование mHealth старшим поколением	Не указано
7	Indraratna P. et al.	Систематический обзор и мета-анализ	26	ИБС (6 работ), ХСН (6 работ), ГБ (6 работ), реабилитация (8 работ)	23 (88,5%): 6 (23,1%) — снижение ЛПНП, ОХ, сАД, ИМТ, приверженность приема медикаментов; 5 (19,2%) — вес, сердечный ритм, АД, снижение смертности; 4 (15,4%) — сАД, приверженность приема медикаментов; 8 (30,8%) — общее повышения качества жизни в период реабилитации	Не указано	Не указано
8	Al-Arkee S. et al.	Систематический обзор и мета-анализ	12	ССЗ	9 (75%) (сАД, дАД, ТГ, ЛПНП, приверженность к приему медикаментов)	- В обзоре не рассматривались различия в приверженности к лечению между препаратами, включенными в испытания.	Не указано

Примечания: ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания, ОХ — общий холестерин, ЛПВП — липопротеиды высокой плотности, ЛПНП — липопротеиды низкой плотности, ИМТ — индекс массы тела, ТГ — триглицериды, сАД — систолическое артериальное давление, дАД — диастолическое артериальное давление, Hbа — гликированный гемоглобин, АД — артериальное давление, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ГБ — гипертоническая болезнь.

Остальные статьи, включенные в анализ, написаны исключительно зарубежными учеными. Как видно, в большинстве случаев доля работ с положительным клиническим эффектом использования mHealth превышает 50% и в среднем составляет 85,4%.

Akinosun A.S. et al. [33] демонстрируют, что лишь часть факторов риска ССЗ достоверно были снижены благодаря применению mHealth. Несмотря на это, авторы подчеркивают, что большую часть участников исследований в работе составили женщины. При этом такое гендерное распределение наиболее часто встречается в литературе. Данный феномен можно объяснить большей вовлеченностью женщин в заботу о своем здоровье. В проведенном нами исследовании среди студентов заинтересованность женщин своим здоровьем была также в 2,4 раза выше, чем у мужчин [16]. Эти цифры подтверждают и данные других публикаций [15].

В целом Holl F. et al. [34] отмечают положительный эффект от использования mHealth в контроле риска ССЗ. Также авторы отмечают высокую экономическую эффективность. Однако информации о наличии статически значимых различий между группами обнаружено не было.

В систематическом обзоре Changizi M. et al. [35] акцент сделан на анализ публикаций, рассматривающих эффективность использования mHealth у людей старшего возраста. Было выявлено, что в данной группе пациентов в среднем более чем в 60% исследований удалось добиться достоверно положительного клинического эффекта.

Indraratna P. et al. [36] и Al-Arkee S. et al. [37] также отмечают, что использование mHealth в большинстве рассмотренных научных публикаций имело положительный клинический результат.

В большом систематическом обзоре, проведенном Iribarren S. J. et al. [38] в 2017 году, была доказана экономическая эффективность использования mHealth. Научный труд включал 39 исследований, охватывавших 19 стран: 87% с высоким уровнем дохода и выше среднего и 13% с низким и уровнем дохода ниже среднего.

Экономические преимущества были найдены в 70,6% и 100%, соответственно.

Наилучший показатель эффективности mHealth продемонстрирован в предоставлении медицинских услуг — 100%, в коррекции поведенческих особенностей — 74,1%, сборе и хранении данных — 57,1%. Наилучший эффект был получен в повышении частоты посещения медицинских центров — 85,7%, снижении случаев ССЗ — 80%, снижении заболеваемости сахарным диабетом — 75% и хроническими заболеваниями легких — 66,7%. Наиболее экономически эффективным типом взаимодействия mHealth оказалось SMS информирование — 77,3%. На втором месте использование мобильных приложений — 55,6%. Наилучший тип экономической оценки показал CUA (Cost utility analysis) — 83,3%. На втором месте CEA (Cost-effectiveness analysis) — 72%.

ОГРАНИЧЕНИЯ

В данный систематический обзор не были включены публикации, где не содержался полный текст исследования. Также не получилось обнаружить минимально необходимое количество статей, рассматривающих эффективность использования mHealth приложений с применением ИИ. В данной работе был рассмотрен только один из методов mHealth — использование мобильных приложений. Не была оценена эффективность использования других методов дистанционной медицины.

ВЫВОДЫ

В данном систематическом обзоре нами было доказано, что использование технологий mHealth в большинстве случаев позволяет статистически значимо улучшить клиническую и экономическую эффективность профилактики ССЗ по сравнению с традиционными подходами. Исходя из этого, мы считаем, что дальнейшее развитие и применение в практическом здравоохранении технологий дистанционной мобильной медицины может внести значительный вклад в снижение бремени ССЗ как с медицинской точки зрения, так и с экономической.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Fact Sheets for Press. CVD in Europe and ESC Congress figures. Available from: <https://www.escardio.org/The-ESC/Press-Office/Fact-sheets>.
2. Heart Disease Facts. U.S. Department of Health & Human Services. Available from: <https://www.cdc.gov/heartdisease/facts.htm>.

3. Cardiovascular diseases (CVDs). WHO. Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)).
4. Roth GA, Mensah GA, Johnson CO, et al. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990-2019: Update From the GBD 2019 Study [published correction appears in J Am Coll Cardiol. 2021 Apr 20; 77(15): 1958-1959]. J Am Coll Cardiol. 2020; 76(25): 2982-3021. doi:10.1016/j.jacc.2020.11.010.
5. Заболеваемость населения по основным классам болезней в 2000–2021 гг. (Данные Минздрава России, расчет Росстата). Доступно по: https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-browser%3A%2F%2F4DT1uXEPPrjRXIUfoewruLgT4v4tS-r09pN6wYc81MweXWjag3uffu-2d_cejMHGDUN9axitqf5cMVwdpuSfQmQY61zaSH6CLDqKUo-E2Fj251rR1qSiy7toRKHKFTDjKZQf9fFKHE9gtRPpcMAC6A%3D%3D%3Fsign%3DigTfklFB1JhE1tO05lb144DXONq3Xfz9n3StRaAvXl%3D&name=zdr2-1.xls. [Zabolevaemost' naseleniya po osnovnym klassam boleznej v 2000–2021 gg. (Dannye Minzdrava Rossii, raschet Rosstata). Available from: https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-browser%3A%2F%2F4DT1uXEPPrjRXIUfoewruLgT4v4tS-r09pN6wYc81MweXWjag3uffu-2d_cejMHGDUN9axitqf5cMVwdpuSfQmQY61zaSH6CLDqKUo-E2Fj251rR1qSiy7toRKHKFTDjKZQf9fFKHE9gtRPpcMAC6A%3D%3D%3Fsign%3DigTfklFB1JhE1tO05lb144DXONq3Xfz9n3StRaAvXl%3D&name=zdr2-1.xls. (in Russ).]
6. Умершие по основным классам причин смерти. Росстат. Доступно по: https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-browser%3A%2F%2F4DT1uXEPPrjRXIUfoewruGq1iHqPUopJl1Q-SoqNDNLoM2kQwCvQcoN-HWAKhEC_GV1NKMVcykGlbGsMATyNmdNcpGUrMSNOOmk_Lt0vFGbSNDVUVHKSLOQprn96ukYjKGIIGpH4szy-FlnDDH7Q%3D%3D%3Fsign%3Dvmwc_r6lqQf7oWksnbDdoV9gQpsAv2Pa6deYKgorK0%3D&name=demo24-1_2021.xls. [Umershie po osnovnym klassam prichin smerti. Rosstat. Available from: https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-browser%3A%2F%2F4DT1uXEPPrjRXIUfoewruGq1iHqPUopJl1Q-SoqNDNLoM2kQwCvQcoN-HWAKhEC_GV1NKMVcykGlbGsMATyNmdNcpGUrMSNOOmk_Lt0vFGbSNDVUVHKSLOQprn96ukYjKGIIGpH4szy-FlnDDH7Q%3D%3D%3Fsign%3Dvmwc_r6lqQf7oWksnbDdoV9gQpsAv2Pa6deYKgorK0%3D&name=demo24-1_2021.xls. (in Russ).]
7. Ageing and health. WHO. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>.
8. Healthworkforce. WHO. Available from: https://www.who.int/health-topics/health-workforce#tab=tab_1.
9. Statista dossier on the global m-health industry and market. Statista. Available from: <https://www.statista.com/study/24501/mhealth-statista-dossier>.
10. Шадеркин И.А., Цой А.А., Сивков А.В. и др. Mhealth — новые возможности развития телекоммуникационных технологий в здравоохранении // Экспериментальная и клиническая урология. — 2015. — №2. — С.142-148. [Shaderkin IA, Coj AA, Sivkov AV, et al. Mhealth — novye vozmozhnosti razvitiya telekommunikacionnyh tekhnologij v zdravoohranenii. Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya. 2015; 2: 142-148. (In Russ).]
11. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. mHealth: new horizons for health through mobile technologies: second global survey on eHealth. Available from: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1671029199&tld=ru&lang=ru&name=9789244564257_rus.pdf&text=Резолюцию%20ВО3%20«Мобильное%20здравоохранение»&url=https%3A%2F%2Fapps.who.int%2Firis%2Fbitstream%2Fhandle%2F10665%2F87688%2F9789244564257_rus.pdf&lr=142166&mime=pdf&l10n=ru&sign=33cb7144544a5062321e6230091de2fa&keyno=0&serpParams=tm%3D1671029199%26tld%3Dru%26lang%3Dru%26name%3D9789244564257_rus.pdf%26text%3D%25D0%25A0%25D0%25B5%25D0%25B7%25D0%25BE%25D0%25BB%25D1%258E%25D1%2586%25D0%25B8%25D1%258E%2B%25D0%2592%25D0%259E%25D0%2597%2B%25C2%25AB%25D0%259C%25D0%25BE%25D0%25B1%25D0%25B8%25D0%25BB%25D1%258C%25D0%25BD%25D0%25BE%25D0%25B5%2B%25D0%25B7%25D0%25B4%25D1%2580%25D0%25B0%25D0%25B2%25D0%25BE%25D0%25BE%25D1%2585%25D1%2580%25D0%25B0%25D0%25BD%25D0%25B5%25D0%25BD%25D0%25B8%25D0%25B5%25C2%25BB%26url%3Dhttps%253A%2F%2Fapps.who.int%2Firis%2Fbitstream%2Fhandle%2F10665%2F87688%2F9789244564257_rus.pdf%26lr%3D142166%26mime%3Dpdf%26l10n%3Dru%26sign%3D33cb7144544a5062321e6230091de2fa%26keyno%3D0.
12. Forecast number of mobile devices worldwide from 2020 to 2025 (in billions)*. Technology & Telecommunications. Telecommunications. Statista. Available from: <https://www.statista.com/statistics/245501/multiple-mobile-device-ownership-worldwide>.

13. mHealth Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component, By Services (Monitoring Services, Diagnosis Services), By Participants (Mobile Operators, Devices Vendors), By Region, And Segment Forecasts, 2022–2030. Available from: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/mhealth-market#>.
14. Индекс здоровья будущего 2018. Специальный отчет по России. Сбор и анализ данных: перспективы. Philips. Доступно по: https://docviewer.yandex.ru/?tm=1668940132&tld=ru&lang=ru&name=Report_FHI18_2Russia.pdf&text=17.+Индекс+здоровья+будущего+2018.+Специальный+отчет+по+России.+сбор+и+анализ+данных%3A+перспективы.+Philips.&url=https%3A/www.philips.ru/c-dam/corporate/ru_RU/fhi/Report_FHI18_2Russia.pdf&lr=142166&mime=pdf&l10n=ru&sign=2ea31b8dd0fc7b590386317180c21e95&keyno=0. [Индекс здоровья будущего 2018. Special'nyj otchet po Rossii. sbor i analiz dannyh: perspektivy. Philips. Available from: https://docviewer.yandex.ru/?tm=1668940132&tld=ru&lang=ru&name=Report_FHI18_2Russia.pdf&text=17.+Индекс+здоровья+будущего+2018.+Специальный+отчет+по+России.+сбор+и+анализ+данных%3A+перспективы.+Philips.&url=https%3A/www.philips.ru/c-dam/corporate/ru_RU/fhi/Report_FHI18_2Russia.pdf&lr=142166&mime=pdf&l10n=ru&sign=2ea31b8dd0fc7b590386317180c21e95&keyno=0. (In Russ.)]
15. Лапик С.В., Романова А.Ф. Анализ востребованности мобильных медицинских приложений у населения г. Тюмени // Университетская медицина Урала. — 2018. — Т.4. — №3(14). — С.21-23. [Lapik SV, Romanova AF. Analiz vostrebovannosti mobil'nyh medicinskih prilozhenij u naseleniya g. Tyumeni. Universitetskaya medicina Urala. 2018; 4, 3(14): 21-23. (In Russ.)]
16. Мишкин И.А. Анализ заинтересованности студентов состоянием своего здоровья для совершенствования программ первичной профилактики заболеваний с использованием цифровой медицины // Справочник врача общей практики. — 2019. — №6. — С.57-61. [Mishkin IA. Analiz zainteresovannosti studentov sostoyaniem svoego zdorov'ya dlya sovershenstvovaniya programm pervichnoj profilaktiki zabolevanij s ispol'zovaniem cifrovoj mediciny. Spravochnik vracha obshchej praktiki. 2019; 6: 57-61. (In Russ.)]
17. Justin M. One in Five U.S. Adults Use Health Apps, Wearable Trackers. 2019. Gallup, Inc. Available from: <https://news.gallup.com/poll/269096/one-five-adults-health-apps-wearable-trackers.aspx>.
18. Плугарь Е.В. Развитие Mhealth в России. Менеджмент предпринимательской деятельности: Материалы XVII международной научно-практической конференции преподавателей, докторантов, аспирантов и студентов, Симферополь, 2019. 203-207. [Plugar' EV. Razvitie Mhealth v Rossii. Menedzhment predprinimatel'skoj deyatel'nosti: Materialy XVII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii prepodavatelej, doktorantov, aspirantov i studentov, Simferopol'. 2019; 203-207. (In Russ.)]
19. Changizi M, Kaveh MH. Effectiveness of the mHealth technology in improvement of healthy behaviors in an elderly population-a systematic review. Mhealth. 2017; 3: 51. doi:10.21037/mhealth.2017.08.06.
20. Индекс здоровья будущего 2020. Эпоха возможностей. Новое поколение медицинских специалистов на пути к трансформации здравоохранения. Россия. Philips. Доступно по: https://docviewer.yandex.ru/?tm=1668940314&tld=ru&lang=ru&name=FHI_2020_Russia_Report_final_RUS.pdf&text=Индекс+здоровья+будущего+2020.+Эпоха+возможностей.+Новое+поколение+медицинских+специалистов+на+пути+к+трансформации+здравоохранения.+Россия.+Philips.&url=https%3A/www.philips.com/c-dam/corporate/ru_RU/fhi/FHI_2020_Russia_Report_final_RUS.pdf&lr=142166&mime=pdf&l10n=ru&sign=f3cf4850f10fb00eae87a13545d32e88&keyno=0. [Индекс здоровья будущего 2020. Epoha vozmozhnostej. Novoe pokolenie medicinskih specialistov na puti k transformacii zdravoohraneniya. Rossiya. Philips. Available from: https://docviewer.yandex.ru/?tm=1668940314&tld=ru&lang=ru&name=FHI_2020_Russia_Report_final_RUS.pdf&text=Индекс+здоровья+будущего+2020.+Эпоха+возможностей.+Новое+поколение+медицинских+специалистов+на+пути+к+трансформации+здравоохранения.+Россия.+Philips.&url=https%3A/www.philips.com/c-dam/corporate/ru_RU/fhi/FHI_2020_Russia_Report_final_RUS.pdf&lr=142166&mime=pdf&l10n=ru&sign=f3cf4850f10fb00eae87a13545d32e88&keyno=0. (In Russ.)]
21. Kong T, Scott MM, Li Y, Wichelman C. Physician attitudes towards-and adoption of-mobile health. Digit Health. 2020; 6: 2055207620907187. doi:10.1177/2055207620907187.
22. Серeda А.П. Рекомендации по оформлению дизайна исследования // Травматология и ортопедия России. — 2019. — Т.25. — №3. — С.165-184. [Sereda AP. Rekomendacii po oformleniyu dizajna

- issledovaniya. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2019; 25(3): 165-184. (In Russ.)] doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184.
23. Куликова М.С., Горный Б.Э., Концевая А.В. и др. Результативность дистанционных технологий при контроле и самоконтроле избыточной массы тела и ожирения у пациентов первичного звена здравоохранения // *Профилактическая медицина*. — 2021. — Т.24. — №10. — С.24-31. [Kulikova MS, Gornyy BE, Kontsevaya AV, et al. The performance of remote technologies in management and self-management of overweight and obesity in primary care. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2021; 24(10): 24-31. (In Russ.)] doi:10.17116/profmed20212410124.
 24. Payne Riches S, Piernas C, Aveyard P, et al. A Mobile Health Salt Reduction Intervention for People With Hypertension: Results of a Feasibility Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2021; 9(10): e26233. doi:10.2196/26233.
 25. Guo Y, Lane DA, Wang L, et al. Mobile Health Technology to Improve Care for Patients With Atrial Fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2020; 75(13): 1523-1534. doi:10.1016/j.jacc.2020.01.052.
 26. Lunde P, Bye A, Bergland A, Grimsmo J, Jarstad E, Nilsson BB. Long-term follow-up with a smartphone application improves exercise capacity post cardiac rehabilitation: A randomized controlled trial. *Eur J Prev Cardiol*. 2020; 27(16): 1782-1792. doi:10.1177/2047487320905717.
 27. Clays E, Puddu PE, Luštrek M, et al. Proof-of-concept trial results of the HeartMan mobile personal health system for self-management in congestive heart failure. *Sci Rep*. 2021; 11(1): 5663. doi:10.1038/s41598-021-84920-4.
 28. Ernsting C, Stühmann LM, Dombrowski SU, Voigt-Antons JN, Kuhlmeier A, Gellert P. Associations of Health App Use and Perceived Effectiveness in People With Cardiovascular Diseases and Diabetes: Population-Based Survey. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2019; 7(3): e12179. doi:10.2196/12179.
 29. Persell SD, Peprah YA, Lipiszko D, et al. Effect of Home Blood Pressure Monitoring via a Smartphone Hypertension Coaching Application or Tracking Application on Adults With Uncontrolled Hypertension: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open*. 2020; 3(3): e200255. doi:10.1001/jamanetworkopen.2020.0255.
 30. Wei KS, Ibrahim NE, Kumar AA, et al. Habits Heart App for Patient Engagement in Heart Failure Management: Pilot Feasibility Randomized Trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2021; 9(1): e19465. doi:10.2196/19465.
 31. Chandler J, Sox L, Diaz V, et al. Impact of 12-Month Smartphone Breathing Meditation Program upon Systolic Blood Pressure among Non-Medicated Stage 1 Hypertensive Adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(6): 1955. doi:10.3390/ijerph17061955.
 32. Gong K, Yan YL, Li Y, et al. Mobile health applications for the management of primary hypertension: A multicenter, randomized, controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2020; 99(16): e19715. doi:10.1097/MD.00000000000019715.
 33. Akinosun AS, Polson R, Diaz-Skeete Y, et al. Digital Technology Interventions for Risk Factor Modification in Patients With Cardiovascular Disease: Systematic Review and Meta-analysis. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2021; 9(3): e21061. doi:10.2196/21061.
 34. Holl F, Kircher J, Swoboda WJ, Schobel J. Methods Used to Evaluate mHealth Applications for Cardiovascular Disease: A Quasi-Systematic Scoping Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(23): 12315. doi:10.3390/ijerph182312315.
 35. Changizi M, Kaveh MH. Effectiveness of the mHealth technology in improvement of healthy behaviors in an elderly population—a systematic review. *Mhealth*. 2017; 3: 51. doi:10.21037/mhealth.2017.08.06.
 36. Indraratna P, Tardo D, Yu J, et al. Mobile Phone Technologies in the Management of Ischemic Heart Disease, Heart Failure, and Hypertension: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020; 8(7): e16695. doi:10.2196/16695.
 37. Al-Arkee S, Mason J, Lane DA, et al. Mobile Apps to Improve Medication Adherence in Cardiovascular Disease: Systematic Review and Meta-analysis. *J Med Internet Res*. 2021; 23(5): e24190. doi:10.2196/24190.
 38. Iribarren SJ, Cato K, Falzon L, Stone PW. What is the economic evidence for mHealth? A systematic review of economic evaluations of mHealth solutions. *PLoS One*. 2017; 12(2): e0170581. doi:10.1371/journal.pone.0170581.

ШАРОВА Д.Е.,

ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия, e-mail: d.sharova@npcmr.ru

МИХАЙЛОВА А.А.,

ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия, e-mail: a.mikhailova@npcmr.ru

ГУСЕВ А.В.,

к.т.н., ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, Москва, Россия, e-mail: agusev@webiomed.ru

ГАРБУК С.В.,

к.т.н., НИУ ВШЭ, Москва, Россия, e-mail: garbuk@list.ru

ВЛАДИМИРСКИЙ А.В.,

д.м.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия, e-mail: a.vladimirsky@npcmr.ru

ВАСИЛЬЕВ Ю.А.,

к.м.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия, e-mail: y.vasilev@npcmr.ru

АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА В РЕГУЛИРОВАНИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_28

Аннотация.

В работе рассматривается мировой опыт регулирования использования медицинских данных для целей создания систем искусственного интеллекта (СИИ) с помощью методов машинного обучения. Для успешного внедрения СИИ в медицинскую практику и повышения эффективности принятия клинических и управленческих решений необходимы качественные наборы медицинских данных, для формирования которых в свою очередь требуется соответствующая нормативно-правовая база, учитывающая интересы всех участников на каждом из этапов разработки и использования СИИ.

Обзор зарубежных законодательств проводился для стран лидеров макрорегионов, которые были выбраны исходя из метрик рынка ИИ. На сегодняшний день существуют разные подходы к защите медицинских данных. Из них можно выделить отраслевой подход (США) и межотраслевой (ЕС). Для обеспечения надлежащего баланса между безопасностью пациента и возможностью сбора медицинских данных для разработчиков, необходимо формирование нормативно правовой базы как для межотраслевого, так и отраслевого регулирования.

Ключевые слова: искусственный интеллект; машинное обучение; регулирование данных; законы о конфиденциальности; базы данных; медицинские данные; анонимизация.

Для цитирования: Шарова Д.Е., Михайлова А.А., Гусев А.В., Гарбук С.В., Владимирский А.В., Васильев Ю.А. Анализ мирового опыта в регулировании использования медицинских данных для целей создания систем искусственного интеллекта на основе машинного обучения. Врач и информационные технологии. 2022; 4: 28-39. doi: 10.25881/18110193_2022_4_28.

SHAROVA D.E.,

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia, e-mail: d.sharova@npcmr.ru

MIKHAILOVA A.A.,

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia, e-mail: a.mikhailova@npcmr.ru

GUSEV A.V.,

PhD, FRIHOI, Moscow, Russia, e-mail: agusev@webiomed.ru

GARBUK S.V.,

PhD, HSE University, Moscow, Russia, e-mail: garbuk@list.ru

VLADZYMYRSKYY A.V.,

DSc, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia, e-mail: a.vladzimirsky@npcmr.ru

VASILEV Y.A.,

DSc, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia, e-mail: y.vasilev@npcmr.ru

AN ANALYSIS OF GLOBAL EXPERIENCE IN REGULATIONS ON THE USE OF MEDICAL DATA FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS DEVELOPMENT BASED ON MACHINE LEARNING

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_28

Abstract.

The paper covers international experience in regulating the use of medical data for the development of artificial intelligence systems (AI) using machine learning methods. High-quality medical data sets are required for successful implementation of AI in medical practice and for higher efficiency of clinical and managerial decision-making. Such data sets are impossible to acquire, store and use without appropriate legal and regulatory framework that takes into account the interests of all participants at each stage of the development and use of AI.

The review of foreign legislations was carried out for the countries — leaders of the macro-regions, which were selected based on the higher metrics of the AI market. Today, there are different approaches to protecting medical data, with the most well-known being industry and cross-industry approaches (USA and EU respectively). In order to keep a proper balance between patient safety and the possibility of collecting medical data for developers, a regulatory framework for both cross-being industry and cross-industry regulation needs to be formed.

Keywords: artificial intelligence; machine learning; data regulations; privacy laws; databases; healthcare data; anonymization.

For citation: Sharova D.E., Mikhailova A.A., Gusev A.V., Garbuk S.V., Vladzimirskyy A.V., Vasilev Y.A. An analysis of global experience in regulations on the use of medical data for artificial intelligence systems development based on machine learning. *Medical doctor and information technology.* 2022; 4: 28-39. doi: 10.25881/18110193_2022_4_28.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение систем искусственного интеллекта (СИИ) является одним из ключевых трендов цифровой трансформации здравоохранения [1]. Пандемия COVID-19 способствовала существенному росту интереса к использованию искусственного интеллекта (ИИ) в здравоохранении, стимулировала изменения на законодательном уровне в большинстве стран и увеличение инвестиций, а также привлекла внимание общественности [2]. По данным Reports and Data, размер рынка ИИ-систем для медицины и здравоохранения в 2021 году достиг 7 млрд долларов. Ожидается, что среднегодовой прирост составит 46,7%, т.е. 215,53 млрд долларов в 2030 году [3].

Считается, что применение СИИ поможет лучше анализировать медицинскую информацию, в т.ч. неструктурированные медицинские записи, оценивать изменение данных пациента во времени, прогнозировать риск развития заболеваний, выявлять аномалии в данных и т.д. За счет этого можно улучшить эффективность принятия клинических и управленческих решений. Таким образом, СИИ обладают теоретическим потенциалом для преобразования многих аспектов ухода за пациентами и повышения качества медицинских услуг, включая сокращение расходов и снижение нагрузки на медицинских работников.

Создание СИИ на современном этапе часто подразумевает применение алгоритмов машинного обучения (МО), которые в свою очередь требуют соответствующие наборы данных (НД) [4]. В мире наблюдается повсеместный рост накапливаемых медицинских данных, включая электронные медицинские карты (ЭМК), уровень использования которых увеличился с 9% в 2008 г. до 44% в 2012 г. и продолжает расти [3]. Одним из наиболее рациональных подходов к формированию НД является создание условий для повторного использования уже накопленных сведений в различных медицинских информационных системах. Такой подход требует соответствующего нормативного регулирования сбора и использования ранее накопленных данных разработчиками СИИ и другими заинтересованными лицами.

Основной сложностью такого регулирования является поиск баланса между удобством доступа к обезличенным данным для целей исследований и разработок в сфере ИИ и обеспечением

должного уровня конфиденциальности и безопасности этих данных [5]. На рисунке 1 изображена схема развития систем ИИ с точки зрения регулирования медицинских баз данных.

Необходимо отметить, что законодательное регулирование и соответственно доступ к медицинским данным неравномерны по миру. Они напрямую зависят от государственной политики в части оборота обезличенных медицинских данных в каждой отдельно взятой стране. На рисунке 2 отображено распределение наборов данных между странами — первоисточниками [6].

На данный момент ключевой барьер для внедрения СИИ в здравоохранении заключается не столько в технологической готовности к решению той или иной задачи обработки данных, сколько в возможности легитимного использования создаваемых технологий в повседневной клинической практике [1]. Для широкого внедрения они должны быть одобрены регулирующими органами на национальных уровнях, интегрированы в систему здравоохранения и стандартизованы [7]. Это относится и к регулированию использования медицинских данных, без которых функционирование таких систем не представляется возможным. На это предположительно уйдет гораздо больше времени, чем потребуется для развития самих технологий [1].

Таким образом, для развития СИИ на основе методов МО важно обеспечить контролируемую доступность качественных наборов медицинских данных, что позволит создавать новые алгоритмы и программные продукты на основе ИИ, повышая тем самым ценность и востребованность их в реальной клинической практике [8].

Целью настоящего исследования явился анализ международного опыта в нормативном регулировании вопросов, связанных с использованием медицинских данных для исследований и разработок на основе методов МО.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для основных зарубежных макрорегионов (Европа, США, Латинская Америка и Азия) был проведен обзор законодательства, относящегося к использованию данных в сфере ИИ, и выявлены основные нормативные механизмы обеспечения компромисса между удобством предоставления доступа к данным и обеспечением их конфиденциальности.



Рисунок 1 — Развитие ИИ с точки зрения безопасности и доступности медицинских данных.

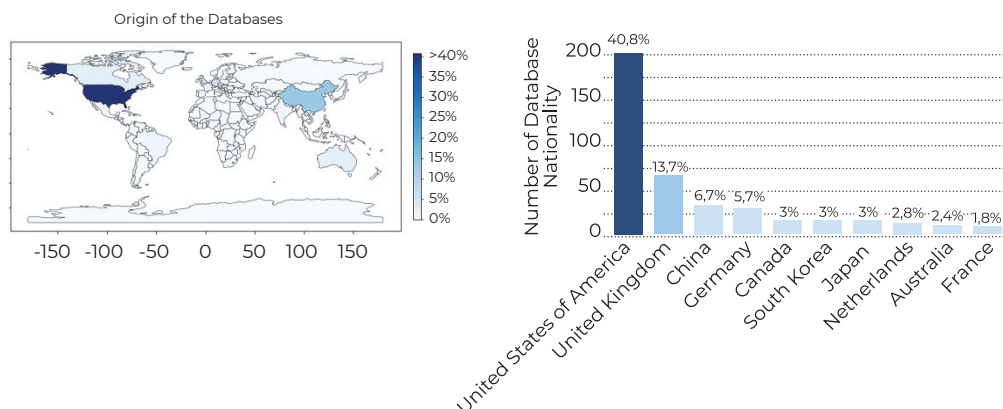


Рисунок 2 [6] — Страны — первоисточники баз данных.

Кроме того, был выполнен анализ существующих показателей рынка ИИ в здравоохранении для этих макрорегионов. Проанализированы ключевые метрики рынка ИИ [9]: суммы привлеченных инвестиций в ИИ-компании; количество созданных ИИ компаний в странах, представляющих наибольший интерес относительно их размера, влияния, или других факторов. Анализ был выполнен на период с 2016 по 2020 гг.

ОБЗОР ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РАЗЛИЧНЫХ СТРАН

В таблице 1 приведены результаты анализа рынка по лидерам в рассмотренных регионах. Только в трех странах (США, Китай и Индия) объем частных инвестиций превысил 9 млрд

долларов в год. Самое большое число новых компаний с 2016 по 2020 год возникло в США и ЕС.

Как правило, системы национального нормативного регулирования строятся на ряде правил, главная цель которых состоит в обеспечении вывода на рынок безопасных и эффективных изделий, включая лекарственные средства, вакцины и устройства медицинского назначения [10]. Особенностью СИИ является стремление регуляторов найти баланс между стимулированием инвестиций для вывода на рынок новых перспективных продуктов и обеспечением безопасности и конфиденциальности данных, необходимых для МО. Сохранение баланса с целью улучшения медицинского обслуживания между вторичным использованием данных других пациентов и

Таблица 1 — Показатели рынка по лидерам макрорегионов

Регион	Лидер	Количество новых компаний 2016–2020	Частные инвестиции на 2020 год, млрд долларов
-	США	4772	23,6
Европа	Германия	2074 (во всех странах ЕС)	2,1 (во всех странах ЕС)
Латинская Америка	Бразилия	178	0,03
Восточная Азия	Китай	841	9,9
Юго-Восточная Азия	Сингапур	300	0,3
Южная Азия	Индия	924	9,4

конфиденциальностью персональной информации вызывает ряд проблем. Например, на уровне отдельных пациентов проблемой является понимание, в какой степени их персональные данные подвергаются вторичному использованию и какие элементы этих данных задействованы; кто может получить доступ к данным; насколько анонимность данных эффективна и полна; могут ли эти данные потенциально использоваться для нанесения вреда пациентам; можно ли изменить их данные; используются ли их данные для финансовой выгоды других лиц и повлияет ли изменение политики конфиденциальности данных в ближайшем или отдалённом будущем на получаемую ими помощь [11]. На уровне медицинских учреждений, между которыми происходит обмен медицинскими данными, встаёт вопрос «осознания ответственности» за владение персональными данными пациентов, в общем случае препятствующий такому обмену. На государственном уровне ответственность за медицинские ошибки в условиях широкого использования систем ИИ, в основу которых положены медицинские данные большого количества пациентов, становится ещё более неоднозначной [12].

Далее будут рассмотрены особенности регулирования персональных медицинских данных в основных мировых макрорегионах.

1. США

США является лидером по количеству инвестиций в ИИ и количеству баз медицинских данных в мире. Правовая база США построена на федеральной системе, каждый штат имеет свой собственный свод законов, правил и положений, касающихся вопросов защиты персональных данных. Основной федеральный закон, применяемый к медицинским данным — это HIPAA или Health Insurance Portability and Accountability

Act [13]. Он определяет, как должна быть защищена личная информация, относящаяся к сфере здравоохранения и медицинского страхования.

В США отсутствует общеотраслевое (единое) законодательство о защите данных [14]. Вместо этого выпускаются отдельные отраслевые законодательные акты о защите информации для здравоохранения, образования, связи или финансовых услуг. При этом федеральные законы носят высокоуровневый характер, допуская дополнительное точечное регулирование на уровне отдельных штатов.

Для здравоохранения в 1996 г. принят «Акт о передаче и защите данных учреждений здравоохранения» (Health Insurance Portability and Accountability Act, HIPAA). Данный закон содержит положения, предусматривающие защиту и обеспечение конфиденциальности закрытой медицинской информации (PHI). Определение PHI охватывает широкий спектр информации, включая данные страховки и информацию об оплате, информацию о диагнозе, клиническом обслуживании и результатах обследований, например снимках и анализах. Правила HIPAA применяются к учреждениям, подпадающим под действие закона: больницам, поставщикам медицинских услуг, корпоративным организациям здравоохранения, научно-исследовательским учреждениям и страховым компаниям, которые работают непосредственно с пациентами и их данными. Требование HIPAA о защите PHI также распространяется на деловых партнеров этих учреждений.

Общий регламент защиты персональных данных ЕС (англ. *General Data Protection Regulation, GDPR*) является значительно более всеобъемлющим и горизонтально применяется ко всем секторам экономики, ко всем видам персональных данных и всем, кто контролирует или обрабатывает эти данные. Согласно источникам HIPAA

обеспечивает значительно более слабую защиту персональных данных чем GDPR, несмотря на то что меры защиты являются самыми сильными относительно других отраслей в США [15].

HIPAA запрещает поставщикам медицинских услуг и предприятиям здравоохранения раскрывать защищенную информацию кому-либо, кроме пациента и уполномоченных представителей пациента без их согласия. Однако существуют исключения, например, при наличии соглашения между медицинскими организациями и их деловыми партнерами (англ. *business associate*) [16], которые оказывают услуги для медицинской организации. Эти партнеры могут получить доступ к личной медицинской информации и, если обозначено в договоре, могут обезличить/деидентифицировать (англ. *de-identify*) данные в соответствии со стандартами HIPAA и коммерциализировать их [17]. Договорное разрешение на обезличивание данных может быть частью сделки и влиять на стоимость услуг, оказываемых данной организацией в рамках договора. Продажи таких данных не отслеживаются, о них не нужно сообщать и они, вероятно, происходят повсеместно [18]. Это помогает индустрии США активно развивать свои ИИ системы, однако вызывает беспокойство насчет конфиденциальности личных данных пациентов [17]. На рисунке 3 представлена схема возможных вариантов коммерциализации медицинских данных в США.

Отметим, что в HIPAA четко сформулированы требования по обезличиванию и по возможностям реидентификации. Существует два метода для достижения деидентификации в соответствии с HIPAA: метод “экспертного определения”; или удаление идентификаторов физического лица или родственников, работодателей или членов семьи физического лица [19]. Данные, обезличенные согласно этим техникам, не всегда будут считаться таковыми в рамках GDPR.

HIPAA применяется только к данным, хранящимся у традиционных поставщиков медицинских услуг. Множество компаний, не связанных напрямую со здравоохранением, рассматривают медицинские данные как имеющие большую ценность. Некоторые компании поощряют потребителей самостоятельно собирать и обрабатывать данные из мобильных медицинских приложений и носимых устройств, не обеспечивая достаточную прозрачность для субъектов этих данных [20]. Существует мнение, что узкие секторальные меры защиты личных данных не являются достаточной мерой и вызывают все большее беспокойство [21]. При этом следует учитывать, что секторальный подход позволяет лучше подстраиваться под отдельную сферу и использует более конкретные формулировки, а универсальный помогает защищать трансграничные данные о здоровье, например, если данные имеют медицинский характер, но получены не в медицинском учреждении.

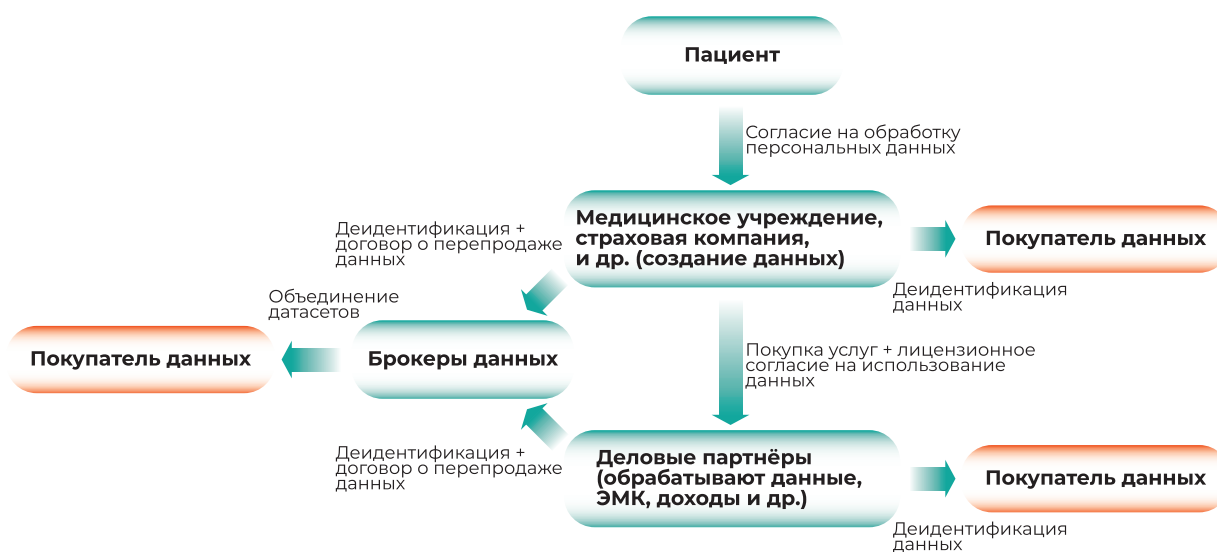


Рисунок 3 — Схема коммерциализации медицинских данных в США.

2. Европейский союз

Наборы данных из Европы занимают относительно небольшую часть рынка, а частные инвестиции на 2020 год примерно в 5 раз ниже, чем в Индии и Китае, и в 10 раз ниже, чем в США [22]. Возможные причины такого различия в инвестициях могут быть обусловлены: сложностью координации нормативно правовых актов в отношении данных между 27 государствами ЕС; их фрагментарным применением на национальном/субнациональном уровне; разнообразием приоритетов, проблем и подходов среди членов ЕС; сложностью удовлетворения установленных требований относительно использования персональных данных, в частности — медицинских данных.

Основным документом для регулирования персональных данных в ЕС является Общий регламент защиты персональных данных или GDPR [23], вступивший в силу 25 мая 2018. Его основными задачами являются унификация и защита персональных данных граждан стран — членов ЕС. GDPR значительно усиливает индивидуальный контроль субъектов персональных данных и поднимает мировую планку в этом отношении. Данный регламент стимулировал создание нового законодательства о регулировании данных по всему миру. Некоторые из стран (Аргентина, Бразилия и другие) приняли законы похожие на GDPR по различным причинам, например, облегченный режим торговли — использование личных данных резидентов Европы возможно только если ЕС счел регулирование данных в отдельно взятой стране адекватным (Япония, Канада, и другие) [24].

Однако именно этот документ стал причиной обеспокоенности по поводу его влияния на европейскую конкурентоспособность и опасности формирования избыточных ограничений на стыке технологий и общества как основного барьера для цифровых инноваций. Далее мы рассмотрим некоторые аспекты GDPR, которые препятствуют формированию НД, их использование в научных целях, и какие из ключевых понятий нуждаются в формализации.

Сложность практического применения требований GDPR во многом обуславливается недостаточно конкретным характером формулировок и требований. За некоторыми исключениями GDPR запрещает любую обработку неанонимизированных персональных данных без согласия субъекта данных [25]. Полностью анонимизированные

(англ. *anonymized*) или обезличенные данные больше не считаются персональными данными, если риск их разглашения минимален. Сложность определения личных и неличных данных состоит в том, что концептуальные границы, разделяющие их согласно GDPR, сильно размыты. Кроме того, эти данные динамичны, а однажды анонимизированные данные могут снова стать личными, если появятся новые технологии, позволяющие повторно идентифицировать их [26; 27]. Исследования показывают, что даже обезличенные наборы данных зачастую не удовлетворяют требованиям, установленным в GDPR [28].

В GDPR вводится понятие псевдонимизация (англ. *pseudonymized*) [29] — мера защиты конфиденциальности, которая оставляет возможной идентификацию субъекта с использованием каких-либо косвенных мер. В соответствии с GDPR даже при удалении идентифицирующих полей данные по-прежнему считаются в большинстве случаев персональными данными, и это не исключит другие необходимые меры защиты данных. Медицинские данные попадают под специальную категорию персональных данных (англ. *sensitive data*), поэтому в случае коммерческого использования требуют согласия [26].

Проблема повторного использования медицинских данных усложняется ещё и потому, что в соответствии с GDPR данные должны «собираться для конкретных, отчетливых, законных целей и не обрабатываться в последующем несовместимым с этими целями образом» [30]. Таким образом, если при сборе данных изначально не преследовалась цель разработки алгоритмов ИИ, то использование этих НД для решения задач обучения интеллектуальных медицинских систем может оказаться проблематичным. Следующий спорный момент возникает в преамбуле №75 где указано, что «риск для прав и свобод физических лиц разной степени вероятности и серьезности может возникать..., когда обработка охватывает большое количество персональных данных и затрагивает большое количество субъектов данных». При этом не уточняется, какое количество персональных данных и субъектов данных можно считать «большим».

Существуют исключения, когда согласие субъекта данных для категории специальных персональных данных не требуется, например, если «обработка [данных] необходима для целей

архивирования в общественных интересах, научных или исторических исследований или статистических целей» [31]. Это благоприятствует исследованиям на территории ЕС, однако не является исключением для трансграничной передачи данных. В таком случае Европейская комиссия оценивает то, какие страны обеспечивают адекватный уровень защиты персональных данных. Список этих стран весьма ограничен, и большинство стран, с которыми ведутся совместные исследования, в него не входят. Это сильно усложняет процесс совместных исследований и требует описывать те меры, которые использовались для псевдонимизации данных [32].

В целом, к понятиям, требующим дальнейшей формализации, следует отнести:

- показатели уровня и критерии достаточности анонимизации и псевдонимизации;
- значения рисков, наступающих при нарушении конфиденциальности, целостности и доступности персональных данных;
- объективные критерии возрастания уровня конфиденциальности данных по мере их накопления и обобщения.

Наиболее остро проблема формализации встает для понятий «анонимизация» и «псевдонимизация». В частности, не определена модель угроз, в которой были бы заданы возможности потенциального злоумышленника по восстановлению персональной принадлежности предварительно обезличенных данных. Без фиксации таких возможностей в общем случае невозможно с уверенностью судить о качестве выполненного обезличивания и предоставлять гарантии невозможности обратного восстановления данных.

Вопрос использования обезличенных данных и четкости в их регулировании в рамках GDPR остается открытым, до сих пор не существует единого подхода в этой области, на что, например, обращали внимание в Германии [33]. Это оказывает негативное влияние на Европейскую экономику в области обучения систем ИИ. Несмотря на то, что окончательная версия GDPR стала более детализированной относительно анонимизации и информированного согласия, она все равно подвержена критике, как со стороны индустрии, так и со стороны исследователей [34; 35].

Преодолению этих и других сложностей имплементации GDPR в значительной мере

способствует разработка нормативно-технических документов (международных и национальных стандартов), уточняющих и конкретизирующих отдельные требования и понятия.

3. Азия

Далее рассмотрены три региона Азии в силу их культурных и экономических различий: Юго-Восточная Азия, Восточная Азия и Южная Азия.

3.1. Восточная Азия

Лидерство в разработке новейших технологий стало центральным элементом усиливающегося соперничества между Китаем и США. Позиция китайского правительства заключается в том, что технологии ИИ имеют решающее значение для экономической и национальной безопасности Китая [36]. Частные инвестиции в ИИ в Китае на 2020 год более чем в два раза ниже, чем в США (9,5 млрд долларов и 23,6 млрд долларов, соответственно). Важно отметить, что Китай имеет значительные государственные инвестиции в ИИ. При этом как центральные, так и местные органы власти в Китае тратят значительные средства на НИОКР [37].

Правительство Китая активно продвигает использование больших данных в медицине, которые считаются стратегическим национальным ресурсом. В 2016 году Государственный совет Китая опубликовал официальное уведомление о разработке и использовании больших данных в секторе здравоохранения [38]. Согласно документу, это поможет улучшить здравоохранение в Китае. В нем были определены цели развития, задачи и организационная структура [39].

В 2021 году вступил в силу новый закон Китая о защите личной информации (англ. *Personal Information Protection Law of the People's Republic of China, PIPL*) [40]. Он стал первым всеобъемлющим законодательным актом Китая, регулирующим защиту персональной информации физических лиц. PIPL во многом схож с GDPR. Однако он содержит и некоторые новшества, которые еще предстоит интерпретировать в будущем с учетом сложившейся практики применения этого закона и понять, как это отразится на формировании и использовании баз медицинских данных.

PIPL содержит положения, которые требуют получения согласия субъекта персональных данных для последующей их обработки. Одно

из исключений, когда согласие не требуется, — “другие обстоятельства, предусмотренные законами и административными правилами” [40]. Это может дать китайскому правительству больше гибкости в интерпретации и применении этого закона в будущем. Согласно мнению некоторых юристов и экспертов по кибербезопасности PIPL, в отличие от GDPR, больше связан с национальными интересами и национальной безопасностью [41].

Аналогично GDPR обезличенные данные не считаются персональными данными согласно PIPL. Однако даже они могут рассматриваться как «важные данные» или «большие медицинские данные». Это приводит к более строгому контролю за хранением и передачей таких данных [42].

Некоторые страны Восточной Азии также пересматривают свою законодательную базу для одобрения ЕС в рамках GDPR [43]. Южная Корея, например, пересмотрела свое законодательство, чтобы иметь возможность подать заявку на одобрение ЕС. На данный момент две страны получили авторизацию от ЕС — Южная Корея и Япония.

3.2. Юго-Восточная Азия

Лидером этого региона является Сингапур, с частными инвестициями в \$315 млн на 2020 год при размере населения в 5,7 млн человек. Сингапур позиционирует себя как место для глобального предпринимательства в области инноваций. Прямые инвестиции и партнерские отношения с игроками глобального венчурного капитала сыграли решающую роль в создании уникальной экосистемы, которая направлена на оптимизацию шансов стартапов на региональный успех [44].

3.3. Южная Азия

В южной Азии однозначным лидером является Индия, занимающая третье место по частным инвестициям в мире на 2016–2020 гг. Системы ИИ в медицине могут решить такие серьезные проблемы, как нехватка медицинского персонала на душу населения и доступ к медицинской помощи [45]. Однако существует острая нехватка объемных и качественных баз медицинских данных, что значительно тормозит процесс развития в этой области [45].

Законодательная база по защите личных данных в Индии находится на этапе активных

изменений, так как сейчас она фрагментарна. Аналогично ЕС Индия формирует Personal Data Protection Bill (PDPB), который станет первым национальным законом, посвященным сугубо защите персональных данных [46].

4. Латинская Америка

Экосистема ИИ и законодательная база по контролю личных данных в Латинской Америке находится на стадии активного формирования. Мировые лидеры ИИ налаживают свои исследовательские связи с регионом, растет число компаний. В Бразилии количество новых ИИ компаний в 2016–2020 гг. составило 178, что в несколько раз превышает этот показатель для таких стран как Россия, Индонезия и другие [22].

Бразилия, Мексика, Чили и Аргентина разработали или сейчас разрабатывают официальные национальные стратегии в области ИИ и совершенствуют законодательную базу. Защита данных в Латинской Америке активно развивается и по причине того, что во многих странах действует законодательство, которое не было реформировано в соответствии с требованиями ЕС. Это ограничивает возможности взаимодействия указанных макрорегионов. На данный момент две страны — Уругвай и Аргентина, соответствуют требованиям ЕС согласно GDPR [24].

Общий регламент защиты персональных данных (англ. *General Personal Data Protection Law, LGPD*) Бразилии вступил в силу в 2020 году [47]. Этот закон устанавливает и защищает права и свободы относительно персональных данных физических лиц. Многие положения LGPD совпадают с GDPR, но имеются и различия. Например, в GDPR использование данных для исследований является исключением, тогда как в LGPD это является правовым основанием к использованию с желательным обезличиванием, если оно возможно [48; 49].

ОБСУЖДЕНИЕ

Законодательство, регулирующее оборот обезличенных медицинских данных в разных странах, сильно варьируется и находится на разных этапах своего развития. На данный момент большинство баз медицинских данных доступно в США (40,8%) и Китае (13,7%) [6]. Благодаря в том числе проактивному законодательному регулированию в этих странах, удалось создать

соответствующие национальные экосистемы сбора и хранения данных в сфере здравоохранения, к которым ученые и разработчики ИИ-систем могут получить доступ, что облегчает обучение алгоритмов методами МО. По мнению авторов указанной статьи, именно наличие таких данных стало одним из решающих факторов, обеспечивших США и Китаю лидерство на глобальном рынке ИИ-систем для здравоохранения.

Система регулирования США с секторальным подходом ориентирована в большей степени на интересы разработчиков систем ИИ, но уступает в защите личных данных. В ЕС, напротив, защита личных данных является приоритетом. Таким образом, если рассматривать авторизацию ЕС в качестве индикатора качества защиты персональных данных, то страны, получившие эту авторизацию, можно считать относительно развитыми с точки зрения защиты личных данных. При секторальном подходе могут существовать более четкие требования по обращению с данными, что значительно упрощает такие процессы, как, например, обезличивание. Сбалансированный подход реализуют страны Азии, включая Японию (10-ое место по частным инвестициям в мире за 2015–2020 года) и Южную Корею (13-ое место). Вероятно, именно эти страны лучше других смогли найти оптимум защиты медицинских данных (подход ЕС), интересов индустрии (подход США) и интересов государства (подход Китая).

Анализ существующего мирового опыта в регулировании медицинских данных с точки зрения возможности формировать обезличенные наборы данных для целей МО и развития искусственного интеллекта показывает, что в мире нет единого подхода к данному вопросу.

Вместе с этим, проведенный анализ подтверждает следующую тенденцию: усложнение законодательства в части сбора и обработки обезличенных данных препятствует развитию достижений в сфере искусственного интеллекта.

Напротив, ослабление регулирования в области защиты персональных данных и

либерализация требований к сбору обезличенных данных является одним из существенных факторов, обеспечивающих ускоренное развитие технологий ИИ для здравоохранения с достижением лидирующих позиций на этом рынке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обеспечение надлежащего доступа к медицинским данным с соблюдением конфиденциальности и безопасности является сложной и актуальной задачей. Выполненный нами анализ позволил сформулировать следующие выводы:

- Межотраслевое и отраслевое регулирования по отдельности имеют свои плюсы и минусы. Вероятно, только при сочетании двух подходов возможно сбалансировать интересы пациентов, государства и индустрии.
- Если ЕС сочтет регулирование данных в стране адекватным, это может послужить хорошим стимулом для развития данной области и будет способствовать привлечению дополнительных инвестиций.
- Необходима формализация таких неотъемлемых понятий, характеризующих НД для систем ИИ, как анонимизация, псевдонимизация и др. Это непростая задача, однако ее решение может помочь индустрии и исследователям лучше понимать требования и быстрее выполнять многие из этапов подготовки медицинских данных к использованию.

Развитие в Российской Федерации национальной нормативной правовой и нормативно-технической базы, обеспечивающей сбор обезличенных медицинских данных и формирование на их основе качественных НД с регламентированным порядком доступа для российских научно-исследовательских организаций и компаний-разработчиков ИИ-систем, будет способствовать совершенствованию отечественных интеллектуальных медицинских технологий и развитию отрасли здравоохранения в целом.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Davenport T., Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthc J. Royal College of Physicians*. 2019; 6(2): 94-98. doi: 10.7861/futurehosp.6-2-94.
2. Leslie D, et al. Does "AI" stand for augmenting inequality in the era of covid-19 healthcare? *BMJ*. 2021; 372. doi: 10.1136/bmj.n304.
3. Artificial Intelligence in Healthcare Market Size & Share 2030. Reports and data. 2022. <https://www.reportsanddata.com/report-detail/artificial-intelligence-in-healthcare-market>.

4. Павлов Н.А. и др. Эталонные медицинские датасеты (MosMedData) для независимой внешней оценки алгоритмов на основе искусственного интеллекта в диагностике. // *Digital Diagnostics*. — 2021. — Т.2. — №1. — С.49-66. [Pavlov NA, et al. Etalonnnye medicinskie datasety (MosMedData) dlya nezavisimoy vneshney ocenki algoritmov na osnove iskusstvennogo intellekta v diagnostike. *Digital Diagnostics*. 2021; 2(1): 49-66. (In Russ.)] doi: 10.17816/DD60635.
5. Winter J.S. AI in healthcare: data governance challenges. *J Hosp Manag Health Policy*. 2021; 5. doi: 10.21037/jhmhp-2020-ai-05.
6. Celi LA, et al. Sources of bias in artificial intelligence that perpetuate healthcare disparities — A global review. *PLOS Digital Health*. 2022; 1(3). doi: 10.1371/journal.pdig.0000022.
7. Зинченко В.В. и др. Стандартизация в области регулирования технологий искусственного интеллекта в российском здравоохранении // *Казанский медицинский журнал*. — 2021. — Т.102. — №6. — С.923-933. [Zinchenko VV, et al. Standartizaciya v oblasti regulirovaniya tekhnologij iskusstvennogo intellekta v rossijskom zdavoohranenii. *Kazanskij medicinskij zhurnal*. 2021; 102(6): 923-933. (In Russ.)] doi: 10.17816/KMJ2021-923.
8. Schwalbe N, Wahl B. Artificial intelligence and the future of global health. *The Lancet*. 2020; 395: 1579-1586. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30226-9.
9. Zhang D, et al. The AI Index 2021 Annual Report. AI Index Steering Committee, Human-Centered AI Institute, Stanford University. Stanford, 2021.
10. Ethics and Governance of Artificial Intelligence for Health: WHO guidance. World Health Organization. 2021.
11. Jaremko JL, et al. Canadian Association of Radiologists White Paper on Ethical and Legal Issues Related to Artificial Intelligence in Radiology. *Can Assoc Radiol J*. 2019; 70(2): 107-118. doi: 10.1016/j.carj.2019.03.001.
12. Шарова Д.Е. и др. К вопросу об этических аспектах внедрения систем искусственного интеллекта в здравоохранении // *Digital Diagnostics*. — 2021. — Т.2. — №3. — С.356-368. [Sharova DE, et al. K voprosu ob eticheskikh aspektah vnedreniya sistem iskusstvennogo intellekta v zdavoohranenii. *Digital Diagnostics*. 2021; 2(3): 356-368. (In Russ.)] doi: 10.17816/DD77446.
13. Health Insurance Portability and Accountability Act of 1996. Public law. 1996. <https://aspe.hhs.gov/reports/health-insurance-portability-accountability-act-1996>.
14. Data Protection Laws and Regulations Report 2022 USA. The International Comparative Legal Guides. 2022. <https://iclg.com/practice-areas/data-protection-laws-and-regulations/usa>.
15. Data Privacy and Protection Relating to Healthcare in Europe, the United States and Brazil. *Latin Lawyer*. 2020. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=99b83b76-3f2f-4b23-a5c3-30ad576af369>.
16. Covered Entities and Business Associates. U.S. Department of Health & Human Services. <https://www.hhs.gov/hipaa/for-professionals/covered-entities/index.html>.
17. McGraw D, Petersen C. From Commercialization to Accountability: Responsible Health Data Collection, Use, and Disclosure for the 21st Century. *Appl Clin Inform*. 2020; 11(2): 366-373. doi: 10.1055/s-0040-1710392.
18. Tanner A. *Our Bodies, Our Data: How Companies Make Billions Selling Our Medical Records*. Beacon Press, 2017.
19. Methods for De-identification of PHI. U.S. Department of Health & Human Services. <https://www.hhs.gov/hipaa/for-professionals/privacy/special-topics/de-identification/index.html>.
20. Grundy Q, et al. Data sharing practices of medicines related apps and the mobile ecosystem: traffic, content, and network analysis. *The BMJ*. BMJ Publishing Group. 2019; 364. doi: 10.1136/bmj.l920.
21. Terry N. Existential challenges for healthcare data protection in the United States. *Ethics Med Public Health*. 2017; 3(1): 19-27. doi: 10.1016/j.jemep.2017.02.007.
22. Zhang D, et al. The AI Index 2022 Annual Report. AI Index Steering Committee, Human-Centered AI Institute, Stanford University. Stanford, 2022.
23. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). *Official Journal of the European Union*. 2016. <https://gdpr-info.eu>.
24. Adequacy decisions. European Commission. https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection/international-dimension-data-protection/adequacy-decisions_en.
25. Art. 6 GDPR — Lawfulness of processing — General Data Protection Regulation (GDPR). *Official Journal of the European Union*. 2016. <https://gdpr-info.eu/art-6-gdpr/>.
26. Durovic M, Montanaro M. Data Protection and Data Commerce: Friends or Foes? *European Review of Contract Law*. 2021; 17(1): 1-36. doi: 10.1515/ercl-2021-000.

27. Wrobel M. Anonymized data — curse or blessing of data protection?! Taylor Wessing LLP. 2020. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=1517d319-4184-4d49-b3a9-d0e99da65019>.
28. Rocher L, Hendrickx JM, de Montjoye YA. Estimating the success of re-identifications in incomplete datasets using generative models. *Nat Commun*. 2019; 10(1). doi: 10.1038/s41467-019-10933-3.
29. Art. 4 GDPR — Definitions — General Data Protection Regulation (GDPR). Official Journal of the European Union. 2016. <https://gdpr-info.eu/art-4-gdpr/>.
30. Art. 5 GDPR — Principles relating to processing of personal data — General Data Protection Regulation (GDPR). Official Journal of the European Union. 2016. <https://gdpr-info.eu/art-5-gdpr/>.
31. Art. 9 GDPR — Processing of special categories of personal data — General Data Protection Regulation (GDPR). Official Journal of the European Union. 2016. <https://gdpr-info.eu/art-9-gdpr/>.
32. Войниканис Е.А. Большие (персональные) данные: проблема баланса интересов // Журнал Суда по интеллектуальным правам. — 2021. — Т.34. — №4. — С.19-27. [Vojnikanis EA. Bol'shie (personal'nye) dannye: problema balansa interesov. *ZHurnal Suda po intellektual'nym pravam*. 2021; 34(4): 19-27. (In Russ.)]
33. BfDI nutzt erstmals Konsultationsverfahren // der Bundesbeauftragte für den Datenschutz und die Informationsfreiheit. 2020. https://www.bfdi.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2020/03_Konsultationsverfahren.
34. van Veen EB. Observational health research in Europe: understanding the General Data Protection Regulation and underlying debate. *Eur J Cancer*. 2018; 104: 70-80. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2018.09.032>.
35. Peloquin D, DiMaio M, Bierer B, Barnes M. Disruptive and avoidable: GDPR challenges to secondary research uses of data. *European Journal of Human Genetics*. 2020; 28(6): 697-705. <https://doi.org/10.1038/s41431-020-0596-x>.
36. Allen CG. Understanding China's AI Strategy. Center for a New American Security. 2019. <https://www.cnas.org/publications/reports/understanding-chinas-ai-strategy>.
37. Colvin TJ, Liu I, Babou TF, Wong GJ. A Brief Examination of Chinese Government Expenditures on Artificial Intelligence R&D. Institute for Defense Analyses. 2020. <https://www.ida.org/research-and-publications/publications/all/a/ab/a-brief-examination-of-chinese-government-expenditures-on-artificial-intelligence-r-and-d>.
38. China to boost big data application in health and medical sectors. The State Council of the People's Republic of China. 2016. http://english.www.gov.cn/policies/latest_releases/2016/06/24/content_281475379018156.htm.
39. Zhang L, et al. Big data and medical research in China. *BMJ*. 2018; 360. doi: 10.1136/bmj.j5910.
40. Translation: Personal Information Protection Law of the People's Republic of China — Effective Nov. 2021; 1. Stanford University. <https://digichina.stanford.edu/work/translation-personal-information-protection-law-of-the-peoples-republic-of-china-effective-nov-1-2021>.
41. Zhu J. The Personal Information Protection Law: China's Version of the GDPR? *Columbia Journal of Transnational Law*. 2022. <https://www.jtl.columbia.edu/bulletin-blog/the-personal-information-protection-law-chinas-version-of-the-gdpr>.
42. Chen D, Wang K. At a glance: data protection and management of health data in China. Ropes & Gray LTD. 2022. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=fd2bb402-33d5-4ba7-85a7-c5383cb11526>.
43. The Asia Pacific Privacy Guide 2020-2021 // Deloitte Asia Pacific Limited. 2020. <https://www2.deloitte.com/id/en/pages/risk/articles/ap-privacy-guide-2020-2021.html>.
44. How Singapore brings together the best in innovation and investment to drive start-up growth. Investment Monitor and Singapore Economic Development Board. 2022. <https://www.investmentmonitor.ai/tech/how-singapore-brings-together-the-best-in-innovation-and-investment-to-drive-start-up-growth>.
45. Parry C. M., Aneja U. AI in Healthcare in India: Applications, Challenges and Risks. Chatham House, International Affairs Think Tank. 2020. <https://www.chathamhouse.org/2020/07/artificial-intelligence-healthcare-insights-india-0/3-ai-healthcare-india-applications>.
46. Data Protected India. Talwar Thakore & Associates. 2022. [<https://www.linklaters.com/en/insights/data-protected/data-protected-india>].
47. LGPD Brazil — General Personal Data Protection Act. Data Protection National Authority. 2018. <https://lgpd-brazil.info>.
48. Article 7: Chances of Carrying Out Personal Data Processing — Chapter 2 — Processing of Personal Data — LGPD Brazil. Data Protection National Authority. 2018. https://lgpd-brazil.info/chapter_02/article_07.
49. Article 11: Processing of Sensitive Personal Data — Chapter 2 — Processing of Personal Data — LGPD Brazil. Data Protection National Authority. 2018. https://lgpd-brazil.info/chapter_02/article_11.

БУРДО Г.Б.,

д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, Россия,
e-mail: gbtms@yandex.ru

ЛЕБЕДЕВ С.Н.,

к.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет», Тверь, Россия,
e-mail: lebedev_s@tvergma.ru

ЛЕБЕДЕВА Ю.В.,

к.м.н., ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет», Тверь, Россия,
e-mail: lebedev_s@tvergma.ru

ЛЕБЕДЕВ И.С.,

ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет», Тверь, Россия,
e-mail: lebedev_s@tvergma.ru

СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_40

Аннотация.

В статье представлены результаты работы по созданию интеллектуальных средств поддержки принятия решений для диагностики предраковых заболеваний и опухолей слизистой оболочки рта.

Актуальность. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения качества оказания первичной медико-санитарной помощи пациентам с указанным заболеванием.

Целью работы явилось создание методики интеллектуальной поддержки принятия решений при диагностике опухолевых заболеваний слизистой оболочки полости рта.

Методы проведения работы. Методика основана на обобщении опыта практикующих врачей. На первом этапе исследовались диагностические параметры заболевания. На основе анализа все диагностические данные были разбиты на три большие группы: жалобы пациента, данные осмотра, сопутствующие факторы риска и образа жизни пациентов. При последующем анализе каждая группа данных была представлена набором параметров. Каждой группе параметров и каждому из параметров методом экспертных оценок присвоены соответствующие весовые коэффициенты (показатель «значимости» признака). Для удобства, сумма весовых коэффициентов по каждой группе параметров и по каждому параметру равнялась единице. С помощью этих весовых коэффициентов был осуществлен переход к показателям, позволяющим оценивать ожидание подтверждения предполагаемого прогноза.

Результаты работы. На основании весовых данных путем разработки продукционных моделей знаний и реализации методики нечетких множеств созданы модели, позволяющие оценить степень уверенности в диагнозе. Реализация данной методики позволит врачам — практикам получать обоснованные решения, обобщающие коллективные знания врачей-экспертов. Такие интеллектуальные решения можно рассматривать только как

некую подсказку специалисту, а не единственный, безальтернативный вариант. По мере функционирования системы, модели будут уточняться, что повысит эффективность работы экспертной системы.

Выводы. На основании выполненного исследования предложены: новый подход к классификации и выявлена структура параметров, позволяющих предполагать онкопатологию у пациентов; новая формальная методика диагностики онкопатологии слизистой оболочки полости рта, предполагающая выработку тактики ведения пациента; продукционная база знаний для автоматизированной диагностики патологий слизистой оболочки полости рта.

Область применения результатов. Результаты работы могут применяться как дополнительный инструмент, позволяющий врачу сверить свою постановку диагноза, либо выбранную тактику ведения пациента.

Ключевые слова: новообразования, слизистая оболочка рта, поддержка принятия решений, нечеткие множества, искусственный интеллект, продукционные модели.

Для цитирования: Бурдо Г.Б., Лебедев С.Н., Лебедева Ю.В., Лебедев И.С. Средства поддержки принятия решений при диагностике новообразований челюстно-лицевой области. Врач и информационные технологии. 2022; 4: 40-51. doi: 10.25881/18110193_2022_4_40.

BURDO G.B.,

DSc, professor, Tver state technical university, Tver, Russia,
e-mail: gbtms@yandex.ru

LEBEDEV S.N.,

PhD, Associate Professor, Tver state medical university, Tver, Russia,
e-mail: lebedev_s@tvergma.ru

LEBEDEVA Y.V.,

PhD, Tver state medical university, Tver, Russia,
e-mail: lebedev_s@tvergma.ru

LEBEDEV I.S.,

Tver state medical university, Tver, Russia,
e-mail: lebedev_s@tvergma.ru

DECISION SUPPORT TOOLS FOR MAXILLOFACIAL TUMORS DIAGNOSTICS

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_40

Abstract.

The article presents originally developed intelligent decision support tools designed for precancerous lesions and tumors of the oral mucosa diagnostics.

Background. There is well recognized need for better primary health care in patients with suspected maxillofacial tumors.

Aim: develop intelligent decision support tools for tumors of the oral mucosa diagnostics.

Methods. Developed method was based on generalization of the practicing doctors experience. Diagnostic parameters of the disease were studied during the first stage of the development. All diagnostic parameters were divided into three large groups: patients complaints, patient's work-up, risk factors and patients lifestyle. At the next stage of analysis each data group was presented as a parameter set. Each parameter set and each singular parameter were assigned a weight coefficient by expert evaluation method. The sum of the weighting coefficients for each group of parameters and for each singular parameter was equal to one for convenience. Use of these coefficients enabled transition made to indicators that allow assessing the expectation of confirmation of the expected prognosis.

Results. Using weight data we developed production knowledge models and implemented the fuzzy set technique, which resulted in models that allow assessing the degree of confidence in the diagnosis. This approach will ensure that doctors get informed decisions summarizing the collective knowledge of medical experts. Such intelligent solutions can only be considered as a kind of hint to a specialist, instead of the only, uncontested option. As the system functions, the models will be refined, which will increase the efficiency of the expert system.

Conclusions. The results of the study propose a new approach to classification, as well as highlight the structure of the parameters allowing suspicion of a malignancy in patients. We also developed new formal diagnostic method of maxillofacial cancer which suggest further patient management. Production knowledge base for automated diagnosis of the oral mucosa pathologies was created.

Practical application. This research results could be used as an additional tool that allows the doctor to verify diagnosis or treatment strategy of patients.

Keywords: tumors, oral mucosa, decision support, fuzzy sets, artificial intelligence, production models.

For citation: Burdo G.B., Lebedev S.N., Lebedeva Y.V., Lebedev I.S. Decision support tools for maxillofacial tumors diagnostics. Medical doctor and information technology. 2022; 4: 40-51. doi: 10.25881/18110193_2022_4_40.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение качества и эффективности медицинской помощи онкологическим больным является приоритетным направлением здравоохранения России и многих других стран. Даже при масштабных проблемах (эпидемии, климатические и техногенные катастрофы) не прекращаются лечебные мероприятия при злокачественных новообразованиях (ЗНО) и продолжается внедрение новых технологий. Существующий мировой и отечественный онкологический опыт определяет возможность проведения диагностики рака правильно и вовремя [1–3]. Тем не менее, в последнее десятилетие в России остаются высокими показатели запущенности ЗНО, в частности почти 60% больных с карциномами слизистой оболочки рта (СОР) начинают специализированное лечение в поздних стадиях (III–IV). Прогноз выздоровления даже при самых дорогостоящих методиках лечения в таких случаях крайне сомнительный [4–6].

Следовательно, разработка методики принятия окончательного взвешенного решения при диагностике новообразований различных локализаций на основе экспертной системы, синтезирующей естественный и искусственный интеллекты, представляется нам вполне актуальной. Внедрение искусственного интеллекта позволяет минимизировать системные рутинные ошибки молодого специалиста, оптимизируя его профессиональную деятельность.

Указанный подход был реализован путем разработки методики принятия решений в экспертной системе, обобщающей опыт практикующих врачей. В настоящем исследовании модели разрабатывались для первичной диагностики новообразований СОР.

Реализация моделей выполнялась в нескольких этапах:

- установление весов (весовых коэффициентов) параметров;
- разработка моделей выявления степени подтверждаемости диагноза;
- установление правил интерпретации результатов.

УСТАНОВЛЕНИЕ ВЕСОВ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

На первом этапе врачами-экспертами на основе изучения соответствующих врачебных

методик и опыта работы практикующих врачей все диагностические признаки были разбиты на три большие группы: жалобы пациента, данные осмотра, сопутствующие факторы риска, связанные с хроническими заболеваниями, и анамнестические признаки, связанные, в основном, с образом жизни пациента.

В качестве экспертов на всех этапах выполнения работы выступало 7 врачей-онкостоматологов высшей категории со стажем работы более 15 лет, в том числе 4 кандидата медицинских наук и 1 доктор медицинских наук.

Жалобы пациента выявляются врачом путем разговора с ним; данные осмотра пациента регистрируются во время оценки состояния слизистой оболочки рта; факторы риска новообразований и образа жизни пациента определяют при собеседовании.

Группы признаков были установлены на основании того факта, что они имеют наиболее существенное значение при диагностике.

Учитывая, что группы диагностических параметров имеют разное значение для установление диагноза, всем группам параметров были присвоены веса, позволяющие привести параметры к единой системе отсчета.

На основании оценок врачами-экспертами важности для постановки диагноза (именно важности, а не достоверности) всем группам параметров были присвоены веса P_i от 0 до 1 (таблица 1). Вес параметра определяется как среднее арифметическое значение весов, указанных экспертами, при этом значения, выходящие за границы доверительного интервала, отбрасывались.

На втором этапе определились коэффициенты, позволяющие охарактеризовать степень уверенности врачей в диагнозе на основании того или иного параметра. С этой целью на основе систематизации клинических симптомов в группах ранее обследованных больных проводилась детализация каждого параметра, приведенного в таблице 1 [6].

Группа параметров 1. Были выявлены основные жалобы, характерные для пациентов рассматриваемой группы, а каждому из параметров (видов жалоб) был присвоен вес S_j^i , характеризующий его необходимость для диагностики в общей структуре жалоб (таблица 2).

Сумма весов параметров здесь (*группа параметров 1*) и далее (до группы параметров

Таблица 1 — Важность групп параметров для постановки диагноза

№ п.п.	Группы параметров	Вес важности группы параметров, P_j
1	Жалобы и ощущения больного	0,75
2	Данные врачебного осмотра	1,0
3	Сопутствующие заболевания	0,65
4	Анамнестические признаки	0,7

Таблица 2 — Веса параметров жалоб

№ п.п.	Структура параметров в жалобах пациента	Вес параметра (жалобы) жалобы, $S_j^1 = S_j^1$
1	Боль в полости рта при глотании («пустой глоток»)	0,35
2	Ощущение постороннего тела в полости рта	0,1
3	Неловкость в полости рта	0,1
4	Ощущение жжения языка	0,1
5	Нерезкие болевые ощущения в области регионарных лимфатических узлов, их увеличение	0,2
6	Слабость	0,05
7	Боль в сердце	0,05
8	Затрудненное носовое дыхание	0,05

Таблица 3 — Веса параметров при осмотре врачом

№ п.п.	Структура параметров при осмотре врачом	Вес параметра, $S_j^2 = S_j^2$
1	Боль субъективная, зуд, жжение в области патологического очага (очагов)	0,05
2	Обильное слюнотечение	0,10
3	Сухость полости рта	0,1
4	Гиперемия в области патологического очага (очагов)	0,15
5	Бляшка или очаги гиперкератоза СОР «различного» цвета	0,25
6	Эрозия или очаговая язва СОР	0,20
7	Боль при пальпации патологического очага (очагов)	0,05
8	Поверхность очага (очагов) плотная и/ или имеет инфильтрирующее основание	0,10

4 включительно) принималась равной единице для приведения всех групп параметров предварительно к единому весу, а затем для учета влияния каждой группы в постановке диагноза (см. табл. 1).

Группа параметров 2. Опросом врачей — экспертов были установлены параметры, имеющие первостепенную важность для диагностирования возможной злокачественной опухоли СОР. Далее каждому из параметров были приданы веса, учитывающие вероятность их связи с предполагаемым онкологическим заболеванием (таблица 3).

Группа параметров 3. Данная группа включает в себя ряд хронических заболеваний, влияющих на клинико-морфологическое состояние СОР.

В их формировании участвовали врачи-эксперты, весовые параметры получались путем статистической обработки численных значений экспертных оценок (таблица 4).

Группа параметров 4. В этой группе параметров в основе классификации лежат сопутствующие риску заболеваний СОР факторы образа жизни. На основе экспертных оценок (таблица 5) были получены нижеприведенные веса факторов риска анамнестических признаков.

Таблица 4 — Веса параметров сопутствующих заболеваний обследованного

№ п.п.	Структура параметров хронических заболеваний	Вес параметра сопутствующих заболеваний, $S_j^i = S_j^3$
1	Хронические воспалительные заболевания ЖКТ в стадии ремиссии, подтвержденные данными эндоскопических, лабораторных, лучевых и других методов исследования	0,15
2	Эрозивно-язвенные эзофагогастродуодениты, подтвержденные данными различных методов исследования	0,10
3	Хронические воспалительные заболевания бронхолегочной системы, подтвержденные данными различных методов исследования	0,10
4	Воспалительные и не воспалительные заболевания гормонозависимых органов (женщины — щитовидная и молочная железы, матка/яичники; мужчины — щитовидная и предстательная железы), подтвержденные данными различных методов исследования	0,10
5	Заболевания сердечно-сосудистой системы, подтвержденные данными различных методов исследования	0,10
6	Установленные заболевания, проявляющиеся метаболическими нарушениями (диабет, хроническая болезнь почек, ожирение 1 и более степени, дислипидемия), подтвержденные данными различных методов исследования	0,10
7	Частые ОРЗ, «высыпания» на СОР и губах (2 и более раз за последний год), только на основании опроса пациента	0,10
8	Аллергические реакции на лекарства, только на основании опроса пациента	0,10
9	Носительство гепатитов В, С, ВИЧ, клинико-лабораторно неактивная фаза, подтвержденные данными различных методов исследования	0,15

Таблица 5 — Веса анамнестических признаков

№ п.п.	Значение параметра анамнестических признаков	Вес параметра, $S_j^i = S_j^4$
1	Существование патологии СОР и губы 3 и более месяцев	0,20
2	Связь появления патологического очага с однократной острой и/или длительной локальной травмой СОР и губы	0,20
3	Факт употребления крепкого алкоголя чаще двух раз в неделю более 100 мл	0,20
4	Пристрастие к острой и горячей пище	0,20
5	Стаж курения 10 лет и более	0,14
6	Стаж курения до 10 лет	0,06

Рассмотрим, как формировались веса признаков на примере группы параметров 4 (анамнестические признаки). Для этого анализировалась группа пациентов с установленным опухолевым заболеванием СОР. Групповое сравнение данных всех обследованных (156 больных) показало достоверное преобладание у больных карциномой таких признаков, как длительность существования патологии более трех месяцев, наличие локальной травмы СОР и губы, регулярное употребление крепкого алкоголя, пристрастие к острой и горячей пище, курение (таблица 6) [6].

Далее частоты складывались, и определялся коэффициент, при умножении на который сумма частот становилась равной 1. Затем каждая частота в столбце 3 таблицы 6 умножалась на этот коэффициент, получая таким образом соответствующие веса параметров в таблице 5.

Аналогично формировались и таблицы 2–4.

Следующим этапом явилось приведение всех параметров к единой шкале. С этой целью был введен коэффициент A_i , показывающий ожидаемую степень влияния (значимость) группы параметров i на подтверждение диагноза:

Таблица 6 — Данные признаков обследованных пациентов

№ п.п.	Значение параметра анамнестических признаков	Абсолютное число больных/ частота	Доверительный интервал при 95%
1	Существование патологии СОР и губы 3 и более месяцев	156/ 1,0	
2	Связь появления патологического очага с однократной острой и/или длительной локальной травмой СОР и губы	156/ 1,0	
3	Факт употребления крепкого алкоголя	150/ 0,962	(93,14–99,26)
4	Пристрастие к острой и горячей пище	154/ 0,987	(96,9–100)
5	Стаж курения 10 лет и более	81/ 0,519	(43,88–59,92)
6	Стаж курения до 10 лет	40/ 0,256	(18,62–32,58)

$$A_i = P_i \times (\sum S_j^i)$$

где: A_i — коэффициент, определяющий значимость параметров i — той группы по шкале от 0 (нет влияния) до 1 (сильное влияние); P_i — вес важности группы параметров i , i — номер группы параметров, $i = (1,4)$; $\sum S_j^i$ — сумма весов параметров j (сумма значений последнего столбца в таблицах 2–5) группы i ; j — номер параметра (в первой и второй группах параметров их 8, в третьей — 9, в четвертой — 6).

Таким образом, в результате выполнения диагностических процедур и вычислений, мы будем иметь четыре значения коэффициента A_i , каждое из них характеризует значимость определенной группы параметров на выбор предполагаемого действия врача.

МОДЕЛЬ ВЫЯВЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ПОДТВЕРЖДАЕМОСТИ ДИАГНОЗА

Идея модели будет состоять в том, что определяется степень подтверждаемости (уверенности в диагнозе злокачественная опухоль СОР),

а далее, зная эту степень уверенности, выбирается тактика ведения пациента.

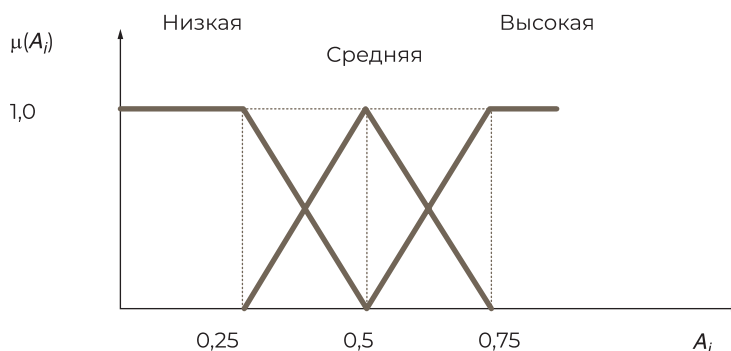
Модель, позволяющая оценить степень подтверждаемости диагноза и выбора тактики ведения пациента на основе четырех наблюдаемых групп параметров диагностики, была сформирована на основе продукционных баз знаний с использованием теории нечетких множеств [7–11].

Продукционная база знаний имеет вид:

ЕСЛИ значимость первой группы параметров A_1 **И ЕСЛИ** значимость второй группы параметров A_2 **И ЕСЛИ** значимость третьей группы параметров A_3 **И ЕСЛИ** значимость четвертой группы параметров A_4 **ТО** степень уверенности в диагнозе равна B_j .

В данном выражении A_i и B_j являются лингвистическими переменными.

Лингвистическая переменная A_i имеет три термина: низкая степень влияния, средняя степень влияния и высокая степень влияния. График функции принадлежности $\mu(A_i)$ в качестве примера показан на рисунке 1.

Рисунок 1 — Функция принадлежности лингвистической переменной A_i .

Лингвистическая переменная V_j имеет 5 термов (применительно к степени подтвержденности диагноза): весьма низкая, низкая, сомнительная, высокая, весьма высокая.

Была построена продукционная база знаний с использованием знаний врачей-экспертов.

Приведем примеры нескольких правил из базы знаний.

ЕСЛИ значимость первой группы параметров *НИЗКАЯ* **И** **ЕСЛИ** значимость второй группы параметров *НИЗКАЯ* **И** **ЕСЛИ** значимость третьей группы параметров *НИЗКАЯ* **И** **ЕСЛИ** значимость четвертой группы параметров *НИЗКАЯ* **ТО** степень подтвержденности диагноза равна *ВЕСЬМА НИЗКАЯ*.

ЕСЛИ значимость первой группы параметров *НИЗКАЯ* **И** **ЕСЛИ** значимость второй группы параметров *НИЗКАЯ* **И** **ЕСЛИ** значимость третьей группы параметров *ВЫСОКАЯ* **И** **ЕСЛИ** значимость четвертой группы параметров *ВЫСОКАЯ* **ТО** степень подтвержденности диагноза равна *СОМНИТЕЛЬНАЯ*.

ЕСЛИ значимость первой группы параметров *ВЫСОКАЯ* **И** **ЕСЛИ** значимость второй группы параметров *ВЫСОКАЯ* **И** **ЕСЛИ** значимость третьей группы параметров *ВЫСОКАЯ* **И** **ЕСЛИ** значимость четвертой группы параметров *НИЗКАЯ* **ТО** степень подтвержденности диагноза равна *ВЫСОКАЯ*.

Всего продукционная база знаний состоит из 71 правила, сформированных по следующему алгоритму.

1. Если два значения функций принадлежности в подусловиях — *ВЫСОКАЯ*, а две *НИЗКАЯ*, то значение лингвистической переменной V_j — *СОМНИТЕЛЬНАЯ*.
2. Если все значения функций принадлежности в подусловиях — *ВЫСОКАЯ*, то значение лингвистической переменной V_j — *ВЕСЬМА ВЫСОКАЯ*.
3. Если все значения функций принадлежности в подусловиях — *НИЗКАЯ*, то значение лингвистической переменной V_j — *ВЕСЬМА НИЗКАЯ*.
4. Если два значения функций принадлежности в подусловиях — *ВЫСОКАЯ*, а две *СРЕДНЯЯ*, то значение лингвистической переменной V_j — *ВЫСОКАЯ*.
5. Если два значения функций принадлежности в подусловиях — *НИЗКАЯ*, а две *СРЕДНЯЯ*,

то значение лингвистической переменной V_j — *СРЕДНЯЯ*.

6. Если три значения функций принадлежности в подусловиях — *ВЫСОКАЯ*, а одно — *НИЗКАЯ* или *СРЕДНЯЯ*, то значение лингвистической переменной V_j — *ВЫСОКАЯ*.
7. Если три значения функций принадлежности в подусловиях — *НИЗКАЯ*, а одно — *ВЫСОКАЯ* или *СРЕДНЯЯ*, то значение лингвистической переменной V_j — *НИЗКАЯ*.

Фази-логическая конъюнкция (И) подусловий выполняется по правилу минимума, а фази-логическая дизъюнкция (ИЛИ) подусловий — по правилу максимума. Нахождение функций совместной принадлежности выполняется по правилу нечеткой импликации Мамдани. Дефазификация взвешенной оценки подтвержденности диагноза (результат) выполняется по центроидному методу [10; 11].

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТАКТИКИ ВЕДЕНИЯ ПАЦИЕНТА

Тактика ведения пациента также устанавливалась на основе использования знаний практикующих врачей и научных данных. Первоначально были определены ключевые моменты (ключевые точки):

- степень подтвержденности диагноза низкая (низкий риск заболевания);
- степень подтвержденности диагноза средняя (средний риск заболевания);
- степень подтвержденности диагноза высокая (высокий риск заболевания).

На втором этапе определялись граничные значения для установленных ключевых точек. Сначала экспертам для каждой точки предлагалось выбрать по три значения из пяти возможных. Далее по каждой точке оставлялись для дальнейшего анализа по три значения, имеющие максимальное число совпадений по всем экспертам. Далее каждый эксперт выбирал одно значение из трех возможных по каждой точке.

Граничное значение определялось, как среднее арифметическое, округленное до 0,05 в сторону уменьшения (т.е. в пользу диагноза). Таким образом были получены следующие значения ключевых (граничных) точек:

- низкая степень подтвержденности диагноза — $\leq 0,35$;

- средняя степень подтвержденности диагноза — $>0,35$, но $\leq 0,5$;
- высокая степень подтвержденности диагноза — $>0,5$.

Если степень подтвержденности диагноза оказывается:

- низкой, то рекомендуется симптоматическое и/или специализированное лечение у стоматолога, и/или повторное обследование через 2 недели;
- средней, то обследуемый нуждается в осмотре врача-онколога, рекомендуется провести цитологическое исследование (соскоб, мазок) из очага поражения и симптоматическое лечение до получения заключения;
- высокой, то обследуемый нуждается в осмотре врача-онколога, показана гистологическая верификация (биопсия) из очага поражения и симптоматическое лечение до получения заключения.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализируя предлагаемую методику, можно отметить её следующие положительные моменты:

- 1) методика предполагает использование привычной для врачей терминологии;
- 2) использование программных средств не требует от врачей наличия специальных знаний в области вычислительной техники;
- 3) входные параметры задаются в удобном для пользователей виде, в диапазоне 0 -1.
- 4) выходные параметры выдаются в понятном числовом формате и диапазоне (от 1, то есть 100% — полное подтверждение; до 0, то есть 0% — полное отрицание);
- 5) при опытной апробации методики отмечено практическое совпадение результатов, полученных по модели, с предположениями врачей-экспертов;
- 6) методика может быть распространена и на коллективную дистанционную диагностику (консилиум).

По мнению авторов, главное достоинство методики заключается в возможности объединения при принятии решений естественного интеллекта врача и интеллектуальной базы знаний, имеющейся в экспертной системе.

База знаний должна быть открытой, то есть иметь возможность уточняться при наличии

новых клинических данных, что подразумевает целенаправленную периодическую её корректировку путем:

- уточнения пороговых значений граничных точек на основании опыта диагностики;
- уточнения структуры параметров и их весов в каждой группе параметров;
- введения дополнительных групп параметров при необходимости.

Корректировка выполняется как существующей группой экспертов, так и путем включения в нее дополнительных участников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Можно отметить, что использование программной реализации разработанной методики не вызвало возражения у практикующих врачей. Методика была реализована в программной среде «Матлаб», и программные средства были предложены для апробации 15 врачам (стоматологи и онкостоматологи, включая экспертов) при консультации разработчиков. Программные средства использовались в качестве дополнительных «подсказок» для врачей при обследовании больных с предполагаемой онкопатологией.

Экспертная система прошла первичную верификацию и валидацию. Числовые значения входных и выходных параметров для нескольких примеров расчетов приведены в таблице 7.

При пробной апробации пользователями отмечалась полезность программных средств с точки зрения уверенности врача в своих действиях.

Закljučая работу, можно сделать следующие выводы.

1. Предложены новый подход к классификации и структура параметров, позволяющие предполагать онкопатологию у пациентов.
2. Предложена новая методика диагностики онкопатологии слизистой оболочки полости рта, предполагающая выработку тактики ведения пациента.
3. Предложена продукционная база знаний для автоматизированной диагностики патологий COP.

Следует отметить, что подобная методика может быть распространена и на другие группы заболеваний.

Таблица 7 — Примеры расчётов

№ п.п.	A_1	A_2	A_3	A_4	Степень подтвержденности диагноза	Тактика ведения пациента*
1	0,6	0,75	0,525	0,49	0,534	1
2	0,35	0,5	0,36	0,28	0,361	2
3	0,675	0,6375	0	0,8	0,159	3

Примечания: 1* — обследуемый нуждается в осмотре врача-онколога, показана гистологическая верификация (биопсия) из очага поражения и симптоматическое лечение до получения заключения. 2* — обследуемый нуждается в осмотре врача-онколога, рекомендуется провести цитологическое исследование (соскоб, мазок) из очага поражения и симптоматическое лечение до получения заключения. 3* — рекомендуется симптоматическое и/или специализированное лечение у стоматолога, и/или повторное обследование через 2 недели.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Антонова И.В., Чикина Н.А. Экспертная система оценки риска развития заболеваний как основа системы медицинского страхования профпатологии // Современные информационные и электронные технологии. — 2013. — Т.1(14). — С.99-101. [Antonova IV, Chikina NA. Ekspertnaya sistema ocenki riska razvitiya zabolevanij kak osnova sistemy medicinskogo strahovaniya profpatologii. Sovremennye informacionnye i elektronnye tekhnologii. 2013; 1(14): 99-101. (In Russ.)]
2. Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. — Москва: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. — 250 с. [Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2018 godu (zabolevaemost' i smertnost'). A.D. Kaprin, V.V. Starinskiy, G.V. Petrova, editors. Moskva: FGBU «MNIОI im. P.A. Gercena» — filial FGBU «NMIC radiologii» Minzdrava Rossii, 2019. 250 p. (In Russ.)]
3. Давыдов А.Б., Лебедев С.Н., Румянцева И.К., Назаров В.И. Профилактика и ранняя диагностика — приоритетные направления в онкостоматологии Тверского региона // Верхневолжский медицинский журнал. — 2015. — Т.13. — №1. — С.11-16. [Davydov AB, Lebedev SN, Rumyanцева IK, Nazarov VI. Profilaktika i rannaya diagnostika — prioritetnye napravleniya v onkostatologii Tverskogo regiona. Verhnevolzhskij medicinskij zhurnal. 2015; 13(1): 11-16. (In Russ.)]
4. Состояние онкологической помощи населению России в 2018 году / под ред. А. Д. Каприна, В. В. Старинского, Г. В. Петровой. — Москва: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. — 236 с. [Sostoyanie onkologicheskoy pomoshchi naseleniyu Rossii v 2018 godu. A.D. Kaprin, V.V. Starinskiy, G.V. Petrova, editors. Moskva: FGBU «MNIОI im. P.A. Gercena» — filial FGBU «NMIC radiologii» Minzdrava Rossii, 2019. 236 s. (In Russ.)]
5. Шигина А.А. Применение технологии экспертной системы при построении интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Научно-методический электронный журнал Концепт. — 2014. — Т.20. — С.3566-3570. [Shigina AA. Primenenie tekhnologii ekspertnoj sistemy pri postroenii intellektual'nyh sistem podderzhki prinyatiya reshenij. Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal Koncept. 2014; 20: 3566-3570. (In Russ.)]
6. Лебедев С.Н., Давыдов А.Б., Бурдо Г.Б. Основы применения экспертных систем искусственного интеллекта в ранней диагностике карциномы полости рта // Верхневолжский медицинский журнал. — 2020. — Т.19, №3. — С. 27-29. [Lebedev SN, Davydov AB, Burdo GB. Osnovy primeneniya ekspertnyh sistem iskusstvennogo intellekta v rannej diagnostike karcinomy polosti rta. Verhnevolzhskij medicinskij zhurnal. 2020; 19(3): 27-29. (In Russ.)]
7. Бурдо Г.Б., Болотов А.Н. Механизм машинного обучения в системах автоматизированного проектирования // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. — 2021. — №4(12). — С.66-75. [Burdo GB, Bolotov AN. Mekhanizm mashinnogo obucheniya v sistemah avtomatizirovannogo proektirovaniya. Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki. 2021; 4(12): 66-75. (In Russ.)]

8. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем: учебное пособие. — М.: Финансы и статистика; Инфра-М, 2010. — 432 с. [Rybina GV. Osnovy postroeniya intellektual'nyh sistem: uchebnoe posobie. M.: Finansy i statistika; Infra-M, 2010. 432 p. (In Russ.)]
9. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. — Санкт Петербург: Питер-пресс, 2016. — 162 с. [Gavrilova TA, Horoshevskij VF. Bazy znanij intellektual'nyh sistem. Sankt Peterburg: Piter-press, 2016. 162 p. (In Russ.)]
10. Заде. Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к понятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. [Zade L. Ponyatie lingvisticheskoy peremennoj i ee primenenie k ponyatiyu priblizhennyh reshenij. M.: Mir. 1976 (In Russ.)]
11. Дьяков В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB: специальный справочник. — СПб.: Питер, 2001. — 480 с. [D'yakov V, Kruglov V. Matematicheskie pakety rasshireniya MATLAB: special'nyj spravochnik. SPb.: Piter, 2001. 480 p. (In Russ.)]

ЛЕГАСHEВ Л.В.,

к.т.н., ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия,
e-mail: silentgir@gmail.com

ШУХМАН А.Е.,

к.п.н., ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия, e-mail: shukhman@gmail.com

БОЛОДУРИНА И.П.,

д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия,
e-mail: ipbolodurina@yandex.ru

ГРИШИНА Л.С.,

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия, e-mail: zabrodina97@inbox.ru

ЖИГАЛОВ А.Ю.,

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия, e-mail: leroy137.artur@gmail.com

ОБРАБОТКА РУССКОЯЗЫЧНЫХ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ТЕКСТОВ И ВЕРОЯТНОСТНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГРУПП ЗАБОЛЕВАНИЙ

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_52

Аннотация.

Актуальность. Разработка и внедрение медицинских информационных систем позволило упростить и автоматизировать множество процессов в медицинских организациях. Вместе с тем, постоянно накапливаемый объём данных о здоровье пациентов позволяет решать множество задач, связанных с прогнозированием и диагностикой заболеваний.

Цель. Исследование подходов к обработке неструктурированных русскоязычных медицинских текстов и прогнозированию групп заболеваний на основе методов машинного обучения.

Материалы и методы. Исходные данные: Массив деперсонализированных данных медицинских организаций Оренбургской области, содержащий 119 780 записей. Исследуются три подхода к вероятностному прогнозированию групп медицинских заболеваний на основе неструктурированных медицинских текстов жалоб пациентов на русском языке: подход на основе правил, подход на основе логистической регрессии и подход с использованием моделей трансформеров BERT.

Результаты. Сравнительный анализ показывает, что подход с использованием логистической регрессии и метода TfidfVectorizer демонстрирует наилучшие результаты по метрикам Precision (0,8296), F1-score (0,8269) и Matthews's correlation coefficient (0,7695).

Выводы. Традиционный подход на основе правил является наименее эффективным (Precision = 0,7182) среди исследуемых методов, но при этом позволяет интерпретировать результаты работы классификатора в виде визуализации дерева решений. Подход с использованием логистической регрессии (Precision = 0,8296) и подход с использованием предобученных моделей BERT (Precision = 0,8164) показывают лучшие результаты классификации среди исследуемых методов и в дальнейшем могут послужить базисом для построения и развития систем поддержки принятия врачебных решений и найти применение в работе практикующих терапевтов.

Ключевые слова: обработка естественного языка, цифровая медицина, электронные медицинские карты, логистическая регрессия, BERT.

Для цитирования: Легашев Л.В., Шухман А.Е., Болодурина И.П., Гришина Л.С., Жигалов А.Ю. Обработка русскоязычных неструктурированных медицинских текстов и вероятностное прогнозирование групп заболеваний. *Врач и информационные технологии.* 2022; 4: 52-63. doi: 10.25881/18110193_2022_4_52.

LEGASHEV L.V.,

PhD, Orenburg State University, Orenburg, Russia,
e-mail: silentgir@gmail.com

SHUKHMAN A.E.,

PhD, Orenburg State University, Orenburg, Russia, e-mail: shukhman@gmail.com

BOLODURINA I.P.,

DSc, Prof., Orenburg State University, Orenburg, Russia,
e-mail: ipbolodurina@yandex.ru

GRISHINA L.S.,

Orenburg State University, Orenburg, Russia, e-mail: zabrodina97@inbox.ru

ZHIGALOV A.YU.,

Orenburg State University, Orenburg, Russia, e-mail: leroy137.artur@gmail.com

RUSSIAN UNSTRUCTURED CLINICAL TEXTS PROCESSING AND PROBABILISTIC CLASSIFICATION OF DISEASE GROUPS

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_52

Abstract

Background. The development and implementation of medical information systems make it possible to simplify and automate many processes in medical organizations. At the same time, the amount of data on patients' health is constantly accumulating which allows solving many problems related to the prediction and diagnosis of diseases.

Aim. To study approaches to processing of Russian unstructured medical texts and to predicting certain groups of diseases based on machine learning methods.

Материалы и методы. Initial data consisted of an array of depersonalized data from medical organizations in the Orenburg region containing 119,780 records. Three approaches to probabilistic forecasting of groups of diseases based on unstructured medical texts of patient complaints in Russian were studied: rule-based approach, logistic regression-based approach and approach using BERT transformer models.

Results. Comparative analysis showed that *показываем*, logistic regression-based approach combined with TfIdfVectorizer method had the best results in Precision (0,8296), F1-score (0,8269) and Matthews's correlation coefficient (0,7695).

Conclusion. Traditional rule-based approach was the least effective (Precision = 0,7182) among the studied methods, but at the same time it allowed to interpret the results of the classifier as visualization of the decision tree. Logistic regression-based approach (Precision = 0,8296) and approach using BERT transformer models (Precision = 0,8164) showed the best classification results and can be further used as a basis for building and developing medical decision support systems and find application in medical practice.

Keywords: natural language processing, digital medicine, electronic health records, logistic regression, BERT.

For citation: Legashev L.V., Shukhman A.E., Bolodurina I.P., Grishina L.S., Zhigalov A.Yu. Russian unstructured clinical texts processing and probabilistic classification of disease groups. Medical doctor and information technology. 2022; 4: 52-63. doi: 10.25881/18110193_2022_4_52.

ВВЕДЕНИЕ

Методы обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP) активно применяются для решения различных задач обработки электронных медицинских карт (Electronic health records, EHRs), в частности для распознавания рассеянного склероза [1], аксиально-спондилоартрита [2], гепатоцеллюлярного рака [3], сахарного диабета [4], биполярного расстройства [5], беременных с суицидальным поведением [6], выявления передозировок, связанных с опиоидами [7], диагностики инфекционных заболеваний [8], выявления пациентов с метастатическим раком молочной железы [9] и др.

Новейшие исследования в области здравоохранения посвящены использованию языковых моделей на основе трансформеров с поддержкой контекстуализированных эмбедингов (contextual embeddings), которые используются для векторного представления многозначных слов с учетом контекста предложения, содержащего то или иное слово. Rasmu et al. в работе [10] описали модель контекстуализированных эмбедингов Med-BERT, предварительно обученную на структурированном наборе данных, содержащем более 28 миллионов записей электронных медицинских карт пациентов. Nath et al. в работе [11] проводят исследования публичных моделей векторного пространства для решения задачи распознавания именованных сущностей (Named Entity Recognition, NER), при этом лучшие результаты показывает модель Bio + clinical BERT. Li et al. в работе [12] представляют обзор современных подходов к обработке неструктурированных медицинских текстов, которые отличаются от традиционных статистических систем и систем на основе правил. В исследовании [13] Syed et al. описывают гибридную архитектуру искусственной нейронной сети с комбинированными контекстуализированными эмбедингами моделей BERT и FLAIR для решения задачи скрининга колоректального рака.

Проводятся активные исследования в области NLP для русского языка. В статье Ялунина и др. [14] представлены модели RuBioBERT и RuBioRoBERTa для анализа биомедицинских текстов на русском языке. В статье Блинова и др. [15] описывается бенчмарк понимания русского медицинского языка, частично решая проблему

отсутствия универсального медицинского датасета. В задаче интеллектуального анализа клинического текста решают проблему обнаружения отрицаний [16] и автоматической коррекции орфографии [17].

В рамках данного исследования представлен сравнительный анализ нескольких подходов к решению задачи прогнозирования группы заболеваний на основе русскоязычных неструктурированных данных медицинских карт пациентов: традиционный подход на основе правил, подход с использованием логистической регрессии и подход с использованием предобученной модели EnRuDR-BERT.

Исходные данные: массив деперсонализированных формализованных данных электронных медицинских карт пациентов, проходивших обследование и лечение в медицинских организациях Оренбургского региона, содержащий 119780 записей. Выполнена предварительная обработка датасета: удалены пропущенные значения и записи, а также записи, в которых длина строки с жалобами пациента меньше 100 символов. Также выполнена разбивка датасета (Табл. 1) на шесть основных групп по коду МКБ (при этом использованы первые два символа кода МКБ). Для каждого текстового описания жалоб пациента в исходном массиве данных представлен один диагноз по коду МКБ, в связи с чем в проводимом исследовании речь идет о задаче многоклассовой классификации.

Итоговый датасет для исследования содержит 16601 запись. На рисунке 1 представлены два примера неструктурированных текстов жалоб пациентов. Всего выделено пять специфических групп заполнения поля с жалобами пациентов:

- красным цветом выделены опечатки и грамматические ошибки;
- желтым цветом выделены медицинские аббревиатуры и сокращения терминов на английском и русском языке, при этом часть аббревиатур может иметь несколько значений (например, «ддп» может обозначать «давление в дыхательных путях», «дыхательные движения плода», «добавочная доля печени», «дегенеративно-дистрофическое поражение» и т.д.);
- зеленым цветом выделены числовые показатели, часть из которых может быть полезна в постановке диагноза, при этом в некоторых

Таблица 1 — Распределение данных по шести группам заболеваний по коду МКБ

№	Код МКБ	Название	Кол-во записей
1	I1	Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением	5243
2	I6	Цереброваскулярные болезни	4589
3	I2	Ишемическая болезнь сердца, легочное сердце и нарушения легочного кровообращения	4138
4	I4	Другие болезни сердца	1569
5	J0	Острые респираторные инфекции верхних дыхательных путей	630
6	U0	Временные обозначения новых диагнозов неясной этиологии	432

<p>Учистилась головная боль, появилось головокружение. Лечилась амбулаторно (кортексин, гипотензивная терапия). Состояние не улучшилось.</p> <p>Анамнез жизни: ТБЦ отрицает. Вирусный гепатит отрицает. Вен. заболевания отрицает</p> <p>Сопутствующие заболевания: Артериальная гипертензия до 160/100 мм рт ст. Хр. пиелонефрит. Ремиссия. ХПН 0. Открытоугольная глаукома I OU. Иммунная тромбоцитопения легкой степени</p> <p>Регулярно принимает периндоприл 5 мг в день, амлодипин 5 мг в день,</p> <p>Перенесенных травм нет. Гемотрансфузионный анамнез без особенностей. Аллергологический анамнез без особенностей.</p> <p>Вредные привычки: не курит, не злоупотребляет алкоголем.</p> <p>Эпидемиологический анамнез: Контакт с ковид заболевшими отрицает, в течении последних 14 дней за пределы города выезда не было.</p> <p>Объективно: Состояние удовлетворительное. Сознание ясное. В контакт вступает легко. Брадимимии нет. Брадикинезии нет. Эмоциональная лабильность не выражена. Походка обычная. В позе Ромберга пошатывается. Координаторные пробы выполняет неуверенно. Речь не изменена. Голос не изменен. Обоняние сохранено. Пальпация глазных яблок безболезненна. Глазные щели S=D. Зрачки S=D. Движения глазных яблок ограничены кнаружи. Косоглазия нет. Экзофтальма нет. Нистагма нет. Пальпация тригеминальных точек безболезненна. Слух сохранен. Хмурит и поднимает брови активно. Жмурит глаза активно. Надувает щеки активно. Носогубные складки симметричны. Оскал зубов симметричен. Глоточный рефлекс сохранен. Язык по средней линии. Движения и сила в верхних конечностях сохранены. Рефлексы с рук S=D оживлены. Мышечный тонус в конечностях в норме. Движения и сила в нижних конечностях сохранены. Коленные рефлексы S=D, оживлены. Ахилловы рефлексы S=D, оживлены. Чувствительность сохранена. С-м Маринеску (+), С-м Барре-Мингацци (-). Патологических рефлексов нет. Тазовых нарушений нет. Стул регулярный.</p> <p>Напряжения мышц шеи, спины, поясницы нет. Пальпация паравerteбральных точек в шейном, грудном, поясничном отделах позвоночника безболезненна. Движения в шейном, грудном, поясничном отделе позвоночника не ограничены, безболезненны. Повороты головы вызывают головокружение. С-м Ласега (-). Периферические лимфоузлы не увеличены. Температура тела 36,4 градусов. Кожные покровы, видимые слизистые чистые, обычной окраски, теплые. Тоны сердца приглушены, ритмичные. ЧСС 76 уд в мин. АД 130/90 мм рт ст. PS 76 уд в мин.</p> <p>В легких дыхание везикулярное, хрипов нет. ЧДД 18 в мин. Живот мягкий, безболезненный при пальпации. Печень не увеличена. С-м Пастернацкого (-). Дизурии нет. Отеков нет. Рост 167 см вес 82 кг, ИМТ 32</p>	<p>Опечатки, грамматические ошибки</p> <p>Медицинские аббревиатуры</p> <p>Числовые показатели</p> <p>Сокращения слов</p> <p>Оценочная характеристика</p>
<p>Самочувствие без ухудшения. Уменьшилась головная боль и головокружение, улучшился сон.</p> <p>Общее состояние: удовлетворительное. Сознание ясное. Передвижение: свободное, не затруднено.</p> <p>Лицо симметричное. Глазные щели и зрачки D=S. Язык по средней линии. Координационные пробы выполняет неуверенно с двух сторон. Напряжение мышц отсутствует. Сила мышц 5 баллов, сухожильные рефлексы с рук и ног D=S.</p> <p>Грудная клетка: не деформирована, цилиндрическая. Перкуссия позвоночника безболезненна. Движения не ограничены. В позе Ромберга отклоняется в передне-заднем направлении. Симптом Ласега 30 градусов с двух сторон. Симптом Вассермана и Мацкевича (+) с 2х сторон.</p> <p>Границы легких в пределах нормы. Перкуторный звук: ясный. Дыхание: везикулярное. Хрипов нет ЧДД 16 в минуту.</p> <p>Область сердца: не изменена. Границы относительной сердечной тупости: в пределах нормы. Тоны сердца ритмичные 70 в мин. АД 130/80 мм рт. ст.</p> <p>Язык: влажный, чистый. Живот увеличен, мягкий, безболезненный. Печень: не увеличена, по краю ребра. Селезенка: не увеличена.</p> <p>Стул: оформленный, регулярный</p> <p>Симптом Пастернацкого: отрицательный (справа слева). Мочеиспускание: свободное, безболезненное. Отеков нет.</p> <p>Лечение по плану.</p>	

Рисунок 1 — Примеры неструктурированных текстовых данных жалоб пациентов.

- случаях ключевые цифры могут указываться несколько раз в тексте (например, зафиксированное самое высокое давление и текущее давление на приеме у врача);
- голубым цветом выделены произвольные сокращения слов, при этом так же может возникать двусмысленность (например «с-м» может быть сокращением слов «симптом» и «синдром»);
- фиолетовым цветом выделена оценочная характеристика потенциальных ключевых слов и фраз, влияющих на постановку диагноза, при этом наличие того или иного признака может быть выражено как в текстовой форме («улучшилось», «отрицает», «не выражено» и т.д.), так и в произвольной символьной форме («(+)», «(-)», «(-)» и т.д.).

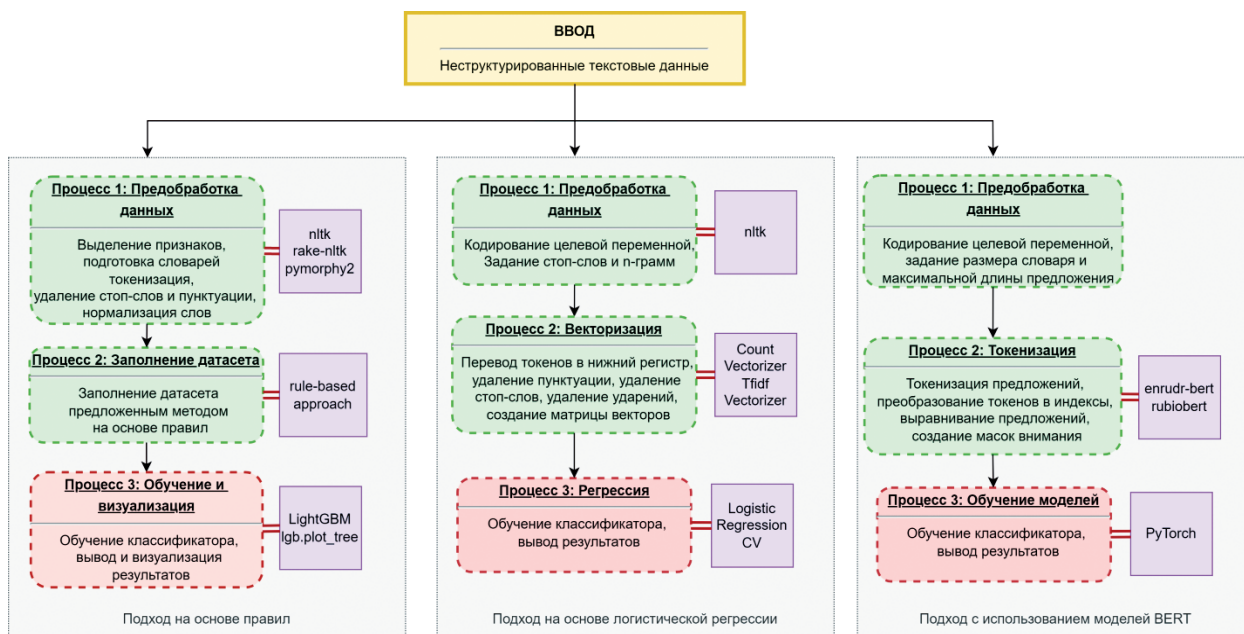


Рисунок 2 — Общая схема исследования трех подходов к обработке неструктурированных текстовых данных.

Данная работа организована следующим образом: в первом разделе рассматривается метод генерации численных признаков с использованием подхода на основе правил и классификатора LightGBM. Во втором разделе рассматривается подход с использованием логистической регрессии для построения матрицы количества токенов из коллекции текстовых медицинских документов. В третьем разделе рассматривается подход на основе контекстуальных эмбедингов с использованием обученных русскоязычных моделей BERT. В четвертом разделе приводятся результаты сравнительного анализа трёх методов и их обсуждение. Общая схема исследования представлена на рисунке 2.

РАЗДЕЛ 1: ПОДХОД НА ОСНОВЕ ПРАВИЛ (RULE-BASED APPROACH, RBA)

Подход построения датасета из неструктурированных медицинских текстов на основе правил состоит в последовательном решении двух задач. Первая задача заключается в конструировании признаков, вторая задача заключается в обучении классификатора для определения группы заболеваний по коду МКБ.

Задача 1. Конструирование признаков

Процесс 1.1. Распознавание именованных сущностей.

В рамках первого этапа необходимо решить задачу распознавания именованных сущностей: выделить ключевые слова и ключевые фразы, наиболее часто встречающиеся в тексте. Для этого все жалобы пациентов объединяются в единый текстовый файл, который обрабатывается методом `extract_keywords_from_text` библиотеки `rake-nltk`.

В качестве параметров используется стандартный словарь стоп-слов из русскоязычного корпуса библиотеки `nltk` и задается минимальная и максимальная длина n -грам — последовательностей из n слов — от 1 до 4.

Процесс 1.2. Создание заголовков датасета.

В рамках второго этапа полученные ключевые фразы ранжируются в порядке убывания и выбирается несколько наиболее часто встречаемых признаков. Всего выделено три группы признаков (ключевых терминов):

- `complaint_synonyms`. Упоминание признака в тексте: «Слабость», «Туберкулез отрицает», «Симптом Пастернацкого отрицательный» и т.д.

№	Признак	Значение
1	Weakness	Слабость
2	Dizziness	Головокружение
3	Rheum	Насморк
4	Tuberculosis	Туберкулез
5	Noise	Шум в ушах
6	Staggering_Walk	Пошатывание при ходьбе
7	Numbness	Онемение
8	Dyspnea	Одышка
9	Nausea	Тошнота
10	Smoking	Курение
11	Dry_Mouth	Сухость во рту
12	Wheezing	Хрипы
13	HIV	ВИЧ
14	Irradiation	Иррадиация
15	Hepatitis	Гепатит
16	Speech_Disorder	Нарушение речи
17	Tremor	Дрожь
18	Bleeding	Кровотечение
19	Pasternatsky	Симптом Пастернацкого

- **complaint_synonyms_adjectives.** Признак с оценочной характеристикой в тексте: «Боль острая», «Мягкий живот», «Сердечные тоны не приглушены», «Слизистые без особенностей» и т.д.

№	Признак	Значение
20	Pain	Боль
21	Cough	Кашель
22	Stool	Стул
23	Memory	Память
24	Sleeping	Сон
25	Abdomen	Живот
26	Breath	Дыхание
27	Heart_Sounds	Тоны сердца
28	Skin	Кожные покровы
29	Lymph_Nodes	Лимфоузлы

- **complaint_synonyms_numerical.** Количественные признаки в тексте: «Температура 38,7», «гипертония 160/100», «ЧДД 23» и т.д.

№	Признак	Значение
30	Heart_Rate	Частота сердечных сокращений
31	Respiratory_Rate	Частота дыхательных движений

№	Признак	Значение
32	Temperature	Температура
33	Blood_Pressure_Lower	Артериальное давление нижняя граница
34	Blood_Pressure_Upper	Артериальное давление верхняя граница

В дополнение к вышеуказанным признакам в рамках данного исследования выделены также признаки, дополняющие симптоматику: 'Pain_Frequency' содержит показатель частоты упоминания слова «боль» и его вариаций в тексте, 'Good_Frequency' содержит показатель частоты упоминания «положительных» описательных характеристик признаков (например, 'нормальный', 'обычный', 'ровный', 'безболезненный' и т.д.), а 'Bad_Frequency' содержит показатель частоты упоминания «отрицательных» описательных характеристик признаков (например, 'вздутый', 'болезненный', 'давящий', 'отёчный' и т.д.). Итоговый датасет содержит 37 новых признаков.

Процесс 1.3. Предобработка данных.

На третьем этапе в соответствии с тремя группами признаков подготавливаются три словаря, содержащие всевозможные вариации признака (например, словарь для температуры содержит следующие элементы: [‘температура’, ‘т’, ‘т.’, ‘т’, ‘темп’, ‘°’]). Далее выполняются стандартные операции предобработки текстовых данных: токенизация, удаление стоп-слов, удаление пунктуации, а также нормализация слов.

Процесс 1.4. Заполнение датасета.

Заполнение датасета на основе созданных словарей признаков происходит на четвертом этапе. Для группы **complaint_synonyms** при обнаружении ключевого слова в тексте и отсутствии отрицательных частиц и слов («нет», «без», «отсутствует», «отрицает») запись признака принимает значение 1, в противном случае запись признака принимает значение -1. Для группы **complaint_synonyms_adjectives** при обнаружении ключевого слова в тексте оценивается «окрестность» слова на наличие «положительных» (запись признака принимает значение -1) или «отрицательных» (запись признака принимает значение 1) описательных характеристик, либо на отсутствие того и другого

(запись признака принимает значение 0). Для группы `complaint_synonyms_numerical` используется метод `nums_from_string.get_nums` языка Python для выделения всех чисел из строки, после чего выполняется обработка в соответствии с типом признака. В частности, показатель давления разбивается на два значения: верхняя и нижняя границы.

Процесс 1.5. Постобработка заполненного датасета.

В рамках пятого этапа осуществляется постобработка датасета в соответствии со следующими операциями: незаполненные значения заменяются на стандартные, в соответствии с видом признака, чтобы отразить отсутствие жалоб пациента на данный показатель. Например, если в тексте не указаны жалобы на боли в животе, соответствующий признак будет содержать значение -1. Если не указаны жалобы на высокий пульс или не выполнялись измерения, соответствующий признак будет содержать значение 60, и т.д.; для числовых показателей значения за пределами возможных также заменяются на дефолтные. Таким образом, решением первой задачи выступает полученный набор данных, характеризующий структурированное описание жалоб пациента на приеме.

Задача 2. Вероятностная классификация

Процесс 2.1. Классификация.

Полученный датасет разбивается на тренировочную и тестовую выборки (`train_size = 0,7`, `test_size = 0,3`), для обучения используется классификатор LightGBM со стандартными параметрами.

На следующем этапе выполняется подсчет метрик. Результаты сравнения подходов представлены в секции 4. Метод `predict_proba` используется для получения предсказанной вероятности принадлежности выборки к одной из шести групп заболеваний по МКБ.

Процесс 2.2. Удаление избыточных признаков.

Дополнительно реализован алгоритм случайного поиска (`random search algorithm, RSA`), который перебирает подмножества исходного множества признаков в интервале от 3 до 37, а также варьирует параметры классификатора LightGBM, такие как `max_depth`, `min_data_in_leaf`, `n_estimators`, `num_leaves`, `reg_alpha`, и `subsample` с целью улучшения метрик. Результаты выполняемой оптимизации будут представлены в секции 4 как RBA+RSA подход.

Процесс 2.3. Визуализация результатов.

Основное достоинство представленного подхода к прогнозированию группы диагноза заболеваний пациента состоит в возможности интерпретации полученных результатов, которая очень важна при решении задач в области цифровой медицины. В частности, для обученного классификатора LightGBM визуализировать дерево принятия решений можно с помощью различных библиотек Python (`lgb.plot_tree`, `dtreeviz` и др.). Пример фрагмента итогового дерева принятия решений представлен на рисунке 3. Результаты исследования дерева решения показали, что признак верхней границы давления является наиболее значимым при определении группы заболевания.

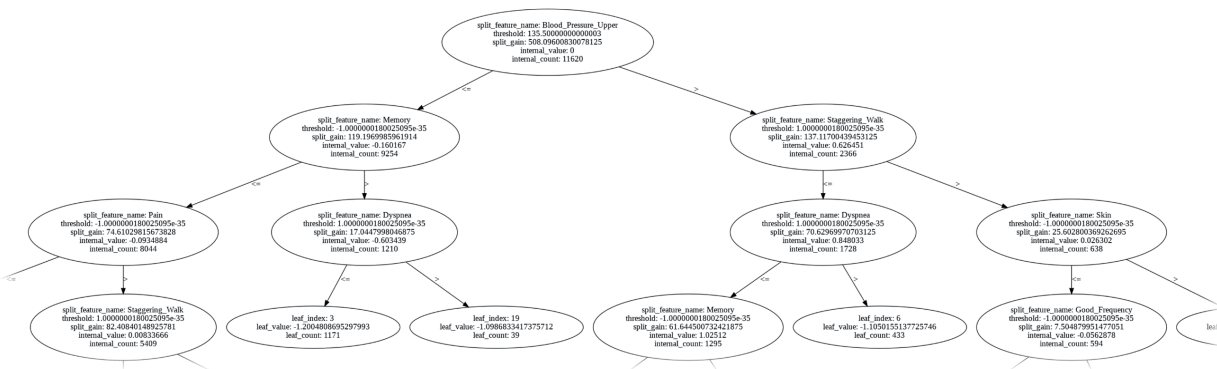


Рисунок 3 — Фрагмент дерева принятия решений классификатора LightGBM.

РАЗДЕЛ 2: ПОДХОД НА ОСНОВЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ (LOGISTIC REGRESSION, LOGREG)

Альтернативный подход, реализованный для решения задачи диагностирования групп заболеваний, — использование логистической регрессии, которая основана на линейном разделении объектов и является классическим методом машинного обучения. Важно отметить, что основное отличие данного метода от предыдущего подхода состоит в предварительном применении метода преобразования текста в его векторное представление.

Процесс 1: Предобработка данных.

На первом этапе выполняется числовое кодирование целевой переменной — названия шести групп заболеваний по МКБ. Задается словарь стоп-слов из русскоязычного корпуса библиотеки nltk и задается минимальная и максимальная длина n-грамм от 1 до 3.

Процесс 2: Векторизация.

Предварительно выполняются операции перевода токенов в нижний регистр, удаления пунктуации, удаления стоп-слов, удаление ударений и др. Далее необходимо выполнить векторизацию — преобразование документа в числовой вектор [18]. На этом этапе использовались два разных объекта из библиотеки SkLearn. Объект CountVectorizer использует модель мешка слов (bag-of-words). В этом случае формируется словарь n-грамм длины m, и каждый текст представляется вектором длины m, в котором каждый элемент соответствует количеству вхождений соответствующей n-граммы в текст. В результате получаются разреженные векторы, в которых большинство элементов равны нулю. Объект TfidfVectorizer вместо количества вхождений для n-граммы сохраняет коэффициент TF-IDF [18, с. 116–117], который принимает наибольшие значения для n-грамм, которые часто встречаются в кодируемом документе, но редко — в остальных документах коллекции.

Выведем список наиболее часто встречающихся ключевых терминов, который достаточно близко пересекается с множеством признаков, выделенных в подходе на основе правил в первом разделе статьи:

(‘боли’, 7307), (‘ад’, 5490), (‘слабость’, 4690), (‘головокружение’, 4554), (‘головные’, 4173), (‘головные боли’, 4159), (‘повышение’, 3740), (‘головокружение’, 3708), (‘боли’, 3562), (‘, головокружение’, 3290), (‘слабость’, 2945), (‘одышку’, 2729), (‘повышение ад’, 2628), (‘ходьбе’, 2416), (‘, слабость’, 2407), (‘сердца’, 2403), (‘боль’, 2393), (‘жалобы’, 2154), (‘шум’, 2137), (‘нагрузке’, 2064), (‘, повышение’, 2056), (‘области’, 2000), (‘, одышку’, 1845), (‘ад’, 1817), (‘, шум’, 1807), (‘периодические’, 1759), (‘головную’, 1729), (‘головную боль’, 1723), (‘, боли’, 1695), (‘боль’, 1629), (‘сердцебиение’, 1495), (‘ходьбе’, 1493), (‘области сердца’, 1455), (‘памяти’, 1442), (‘голове’, 1439), (‘утомляемость’, 1412), (‘нагрузке’, 1382), (‘, головные’, 1322), (‘грудиной’, 1320), (‘100’, 1320), (‘снижение’, 1306), (‘сердца’, 1278), (‘ушах’, 1220), (‘боли области’, 1191), (‘одышка’, 1185), (‘сердце’, 1184), (‘физической’, 1158), (‘, снижение’, 1148), (‘голове’, 1120), (‘общую слабость’, 1075), (‘утомляемость’, 1025)

Процесс 3: Тренировка классификатора.

Полученные векторные текстовые эмбединги разбиваются на тренировочную и тестовую выборки (train_size = 0,7, test_size = 0,3), для обучения используется классификатор LogisticRegressionCV с поддержкой кросс-валидации. На следующем этапе выполняется подсчет метрик. Результаты сравнения подходов представлены в секции 4. Метод predict_proba используется для получения предсказанной вероятности принадлежности выборки к одной из шести групп заболеваний по МКБ.

РАЗДЕЛ 3: ПОДХОД НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ТРАНСФОРМЕРОВ BERT

В заключение, рассмотрим подход с использованием русскоязычных моделей трансформеров BERT на неструктурированных медицинских текстах, который заключается в дообучении предварительно обученной нейронной сети с дополненными слоями классификатора на размеченном наборе данных.

Процесс 1: Предобработка данных.

На первом этапе выполняется числовое кодирование целевой переменной — названия шести групп заболеваний по МКБ. Задается максимальный размер словаря num_words = 15000 и максимальная длина сообщения max_len = 200

в токенах, происходит выравнивание предложений исходного датасета до одинаковой длины (padding='post').

Процесс 2: Токенизатор.

Выполняется токенизация обучающей выборки с помощью модели EnRuDR-BERT [19], предварительно обученной на коллекции отзывов потребителей о приеме лекарств, и модели RuBioBERT [14], предварительно обученной на корпусе свободно доступных текстов в области биомедицины.

Модель EnRuDR-BERT имеет общий размер словаря 119547, включает в себя последовательность следующих блоков: входной слой вложений, который формирует 768-байтовое векторное представление токена; кодировщик, состоящий из 12 блоков трансформеров, включая слой внимания, полносвязные слои и слои нормализации; последний полносвязный слой — пулер. Модель RuBioBERT имеет общий размер словаря 120138. Стоит отметить, что изначально RuBERT включает выходной слой, который предсказывает замаскированные слова в тексте (Masked Word Prediction). Для решения задачи классификации группы заболеваний он заменен выходным слоем с шестью выходами в соответствии с таблицей 1. Создается маска внимания для каждого примера обучающей выборки. Единицами заполняются те токены, которые нужно учитывать при обучении и вычислении градиентов, нулями заполняются те токены, которые следует пропустить.

Процесс 3: Тренировка модели

Векторные представления формируются с помощью входного слоя нейронной сети на основе списка словарных номеров текстовых токенов. Выполняется обучение и тестирование модели. Количество эпох подбирается экспериментально (epoch = 2). В результате ошибка на обучающем и проверочном датасете имеет следующие

значения — train_loss: 0,5425, val_loss: 0,5644. Функция softmax библиотеки torch используется для получения предсказанной вероятности принадлежности выборки к одной из шести групп заболеваний по МКБ.

РАЗДЕЛ 4: СРАВНЕНИЕ ПОДХОДОВ И ОЦЕНКА МОДЕЛЕЙ

Результаты сравнения трех исследуемых подходов к прогнозированию групп заболеваний по метрикам Precision, F1-score и Matthews correlation coefficient (MCC) представлены в таблице 2.

Подход на основе логистической регрессии показывает лучшие результаты по всем трем метрикам (Precision = 0,8296, F1-score = 0,8269, MCC = 0,7695) среди исследуемых методов. При этом подход на основе предобученных моделей BERT имеет точность в среднем меньше на 1,6%, а подход на основе правил имеет точность в среднем меньше на 12,3%. Отметим, что применение алгоритма случайного поиска в подходе на основе правил не оказало существенного влияния на метрики классификации (наблюдается повышение значения метрик в среднем на 1,47%). Основные достоинства и недостатки предложенных подходов представлены в таблице 3.

Примеры распределения вероятностей классов тремя подходами для нескольких жалоб пациентов представлены на рисунке 4. На рисунках 4(а)-4(д) жалобы выбраны из исходного датасета случайным образом, на рисунках 4(е) и 4(ф) представлен произвольный текст с возможными признаками ОРВИ и COVID-19. По комментарию терапевта разброс классов вероятностей на примерах 4(с), 4(д) и 4(ф) возникает по причине того, что перечисленные жалобы могут относиться к нескольким группам заболеваний и на практике врач принимает окончательное решение, ориентируясь на личный опыт и возможные результаты дополнительных обследований.

Таблица 2 — Сравнение метрик для исследуемых подходов

Подход	Precision	F1-score	MCC
RBA	0,6956	0,6898	0,5856
RBA + RSA	0,7182	0,7034	0,5936
Logistic Regression + CountVectorizer	0,8187	0,8161	0,7551
Logistic Regression + TfidfVectorizer	0,8296	0,8269	0,7695
EnRuDR-BERT	0,8095	0,8088	0,7450
RuBioBERT	0,8164	0,8137	0,7508

Таблица 3 — Преимущества и недостатки исследуемых подходов

Подход	Преимущества	Недостатки
RBA	Хорошая интерпретация и визуализация решений.	Сильно зависим от вида входных данных, требует ручной донастройки пространства признаков и словарей.
RBA+RSA	Позволяет незначительно улучшить значения метрик производительности за счет снижения размерности признакового пространства и подбора гиперпараметров классификатора.	При сильном увеличении объема исходных данных RSA работает достаточно медленно.
Logistic Regression	Позволяет проводить отбор признаков по анализу коэффициентов модели и выделить наиболее значимые термины для предметной области.	Отсутствует возможность визуализации принятых решений.
BERT	Позволяет учитывать контекст слов в предложениях, следовательно точнее определять значения токенов для предметной области.	Требует дообучения на специализированных медицинских текстах, работает по принципу «черного ящика» (blackbox), т.е. отсутствует возможность интерпретации и визуализации принятых решений, ограниченный размер вводимого текста.

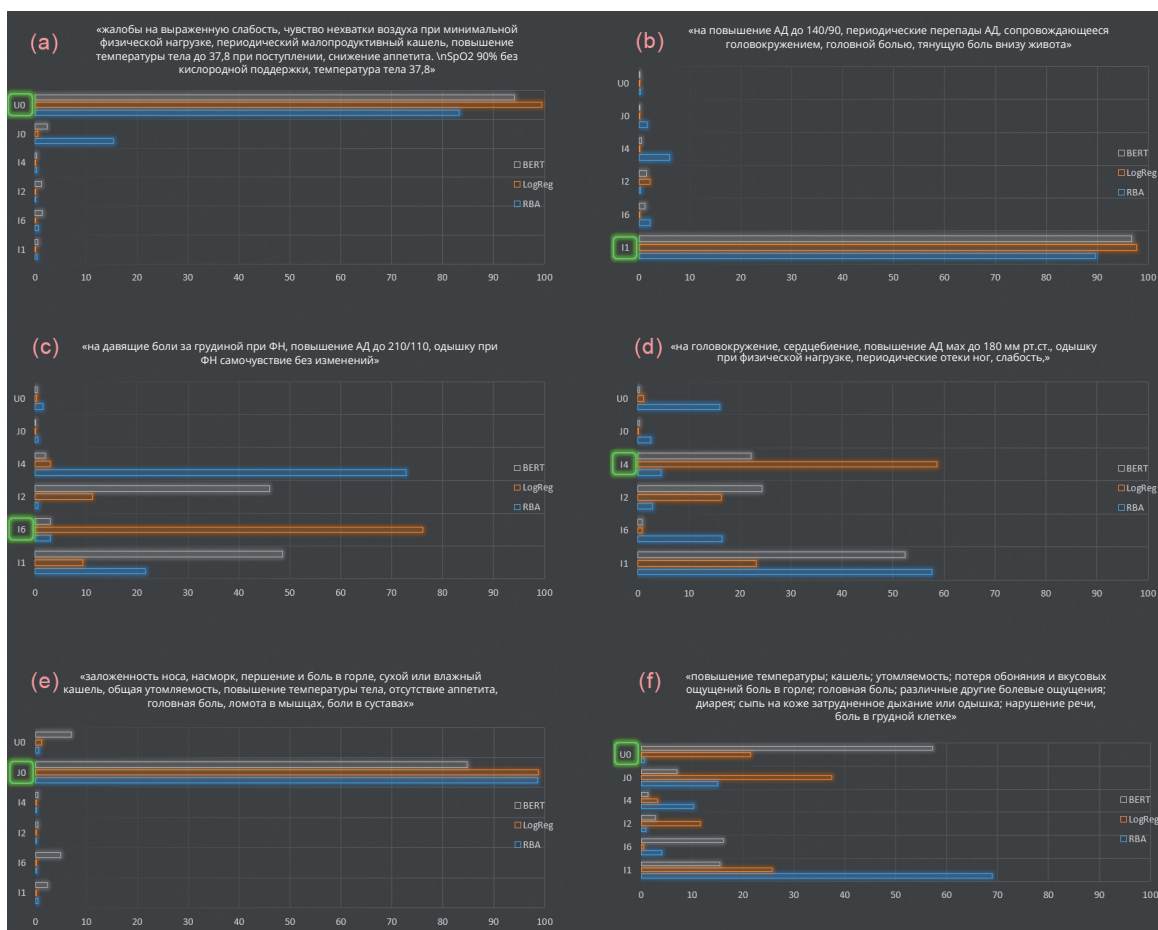


Рисунок 4 — Примеры распределения вероятностей классов для русскоязычных неструктурированных медицинских текстов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Ограничения проведенного исследования заключаются в лимитированной подвыборке нозологий, относящихся к группам сердечно-сосудистых заболеваний, острых респираторных инфекций верхних дыхательных путей и новых диагнозов неясной этиологии (COVID-19). Деперсонализированные данные электронных медицинских карт получены для пациентов Оренбургской области и могут быть неприменимы к другим входным условиям. Используемая в исследовании модель EnRuDR-BERT обучена на текстовом корпусе отзывов потребителей на русском языке о фармацевтических продуктах, что может не совсем идеально соответствовать задаче описания жалоб пациентов и постановке диагноза. При этом использование более релевантной модели RuBioBERT показало лишь незначительный прирост по исследуемым метрикам (в среднем на 0,59%). Вместе с тем следует отметить, что исследуемая модель прогнозирования диагноза заболеваний на основе логистической регрессии может быть обобщена для других групп заболеваний при условии расширения исходного набора данных. Проведенное исследование может послужить базисом для построения и развития систем поддержки принятия врачебных решений и найти применение в работе практикующих терапевтов.

В результате выполнения исследования достигнуты следующие результаты:

1. Разработан подход построения датасета из неструктурированных медицинских текстов на основе правил, который состоит в последовательном конструировании признаков и обучении классификатора LightGBM для определения группы заболеваний по коду МКБ. Кроме того, реализована модификация данного метода в части эффективного выбора подмножества признаков и параметров классификатора алгоритмом случайного поиска. Данный метод продемонстрировал приемлемую точность классификации (Precision = 0,7182) с возможностью визуальной интерпретации результатов.
2. Реализован подход на основе преобразования коллекции неструктурированных

текстовых документов с жалобами пациентов в матрицу в рамках модели мешка слов и последующего прогнозирования группы заболеваний методом логистической регрессии. Данный подход показал наиболее высокую точность классификации (Precision = 0,8296) среди рассматриваемых методов, однако результаты модели не поддаются визуализации.

3. Применение предобученных моделей EnRuDR-BERT и RuBioBERT на текстовом корпусе отзывов потребителей на русском языке о фармацевтических продуктах и на корпусе свободно доступных текстов в области биомедицины показало высокую точность классификации (Precision = 0,8164), однако не самое эффективное среди рассматриваемых методов. Для повышения качества решения задачи описания жалоб пациентов и постановки диагноза необходимо расширять исходный набор данных и дообучать модель на специализированных медицинских данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе выполнена задача вероятностного прогнозирования классов шести основных групп заболеваний по коду МКБ на основе неструктурированных медицинских данных электронных карт пациентов. Реализовано три метода решения задачи: традиционный подход на основе правил, подход с использованием логистической регрессии и методов TfidfVectorizer и CountVectorizer, а также подход с использованием предобученных моделей EnRuDR-BERT и RuBioBERT. Проведенный анализ по метрикам Precision, F1-score и Matthews correlation coefficient показывает, что подход с использованием логистической регрессии дает лучшие результаты (Precision = 0,8296, F1-score = 0,8269, MCC = 0,7695) среди исследуемых методов, а подход на основе предобученных моделей BERT имеет точность в среднем меньше на 1,6%. Традиционный подход на основе правил является наименее эффективным (Precision = 0,7182), но при этом позволяет интерпретировать результаты работы классификатора в виде визуализации дерева решений.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Chase HS, Mitrani LR, Lu GG, Fulgieri DJ Early recognition of multiple sclerosis using natural language processing of the electronic health record. *BMC medical informatics and decision making*. 2017; 17(1): 1-8.
2. Zhao SS, Hong C, Cai T, Xu C, Huang J, Ermann J et al. Incorporating natural language processing to improve classification of axial spondyloarthritis using electronic health records. *Rheumatology*. 2020; 59(5): 1059-1065.
3. Sada Y, Hou J, Richardson P, El-Serag H, Davila J Validation of case finding algorithms for hepatocellular cancer from administrative data and electronic health records using natural language processing. *Medical care*. 2016; 54(2): 1-15.
4. Zheng L, Wang Y, Hao S, Shin AY, Jin B, Ngo AD et al. Web-based real-time case finding for the population health Management of Patients with Diabetes Mellitus: a prospective validation of the natural language processing-based algorithm with statewide electronic medical records. *JMIR medical informatics*. 2016; 4(4): 1-13.
5. Castro VM, Minnier J, Murphy SN, Kohane I, Churchill SE, Gainer V et al. Validation of electronic health record phenotyping of bipolar disorder cases and controls. *American Journal of Psychiatry*. 2015; 172(4): 363-372.
6. Zhong QY, Mittal LP, Nathan MD, Brown KM, Knudson González D, Cai T et al. Use of natural language processing in electronic medical records to identify pregnant women with suicidal behavior: towards a solution to the complex classification problem. *European journal of epidemiology*. 2019; 34(2): 153-162.
7. Hazlehurst B, Green CA, Perrin NA, Brandes J, Carrell DS, Baer A et al. Using natural language processing of clinical text to enhance identification of opioid-related overdoses in electronic health records data. *Pharmacoepidemiology and drug safety*. 2019; 28(8): 1143-1151.
8. Wang M, Wei Z, Jia M, Chen L, Ji H Deep learning model for multi-classification of infectious diseases from unstructured electronic medical records. *BMC medical informatics and decision making*. 2022; 22(1): 1-13.
9. Ling AY, Kurian AW, Caswell-Jin JL, Sledge Jr GW, Shah NH, Tamang SR Using natural language processing to construct a metastatic breast cancer cohort from linked cancer registry and electronic medical records data. *JAMIA open*. 2019; 2(4): 528-537.
10. Rasmy L, Xiang Y, Xie Z, Tao C, Zhi D Med-BERT: pretrained contextualized embeddings on large-scale structured electronic health records for disease prediction. *NPJ digital medicine*. 2021; 4(1): 1-13.
11. Nath N, Lee SH, McDonnell MD, Lee I The quest for better clinical word vectors: Ontology based and lexical vector augmentation versus clinical contextual embeddings. *Computers in Biology and Medicine*. 2021; 134: 1-11.
12. Li I, Goldwasser J, et al. Neural natural language processing for unstructured data in electronic health records: A review. *Computer Science Review*. 2022; 46: 1-29.
13. Syed S, Angel AJ, Syeda HB, Jennings CF, VanScoy J, Syed M et al. The h-ANN Model: Comprehensive Colonoscopy Concept Compilation Using Combined Contextual Embeddings. *NIH Public Access*, 2022; 5: 1-24.
14. Yalunin A, Nesterov A, Umerenkov D RuBioRoBERTa: a pre-trained biomedical language model for Russian language biomedical text mining. *arXiv preprint arXiv:2204.03951*. 2022.
15. Blinov P, Reshetnikova A, Nesterov A, Zubkova G, Kokh V RuMedBench: A Russian Medical Language Understanding Benchmark. *arXiv preprint arXiv:2201.06499*. 2022.
16. Funkner AA, Balabaeva K, Kovalchuk SV Negation Detection for Clinical Text Mining in Russian. *MIE*. 2020: 342-346.
17. Balabaeva K, Funkner AA, Kovalchuk SV Automated Spelling Correction for Clinical Text Mining in Russian. *MIE*. 2020: 43-47.
18. Батура Т.В. Математическая лингвистика и автоматическая обработка текстов. — Новосибирск: РИЦ НГУ, 2016. [Batura TV. Mathematical linguistics and automatic text processing. Novosibirsk: RIC NSU. 2016. (In Russ.)]
19. Tutubalina E, Alimova I, Miftahutdinov Z, Sakhovskiy A, Malykh V, Nikolenko S The Russian Drug Reaction Corpus and Neural Models for Drug Reactions and Effectiveness Detection in User Reviews. *Bioinformatics*. 2021; 37(2): 243-249.

ЭРГЕШОВ М.Б.,

к.м.н., Министерство здравоохранения и медицинской промышленности Туркменистана, Ашхабад, Туркменистан, e-mail: ergeshow005@gmail.com

ВЛАДИМИРСКИЙ А.В.,

д.м.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия, e-mail: a.vladimirsky@nrcmr.ru

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНДЕКСА ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ БОРЬБЫ С ХРОНИЧЕСКИМИ НЕИНФЕКЦИОННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_64

Аннотация.

Введение. В контексте преодоления бремени хронических неинфекционных заболеваний особое значение приобретает стратегическое управление отраслью здравоохранения, реализуемое в том числе на основе современных цифровых технологий.

Цель исследования. Разработка инструмента для объективизированной оценки и прогнозирования уровня цифровой зрелости здравоохранения с учетом стратегической важности борьбы с хроническими неинфекционными заболеваниями.

Материал и методы. Проведено аналитическое исследование, включавшее систематизацию международного опыта, анализ и адаптацию принципов мониторинга цифровой зрелости. Валидность и надежность разработанного индекса оценена с привлечением международной экспертной группы.

Результаты и обсуждение. Разработан и валидирован пациент-ориентированный индекс цифровой зрелости системы здравоохранения. На его основе впервые проведена оценка состояния, динамики, и осуществлен прогноз развития цифровой трансформации системы здравоохранения Туркменистана. Впервые системно проанализирована зрелость цифровизации системы здравоохранения Туркменистана. Выявлена положительная динамика от статуса «низкий» в 2018 г. к «развивающийся» в 2021 г. Путем прогнозирования определен оптимальный сценарий развития с достижением статусов «зрелый» и «инновационный» к 2026 г.

Выводы. Валидность и надежность пациент-ориентированного индекса цифровой зрелости системы здравоохранения составили 0,92 [95% ДИ 0,88;0,94] и 0,91 [95% ДИ 0,87;0,94], соответственно.

Ключевые слова: хронические неинфекционные заболевания; организация здравоохранения; профилактика; цифровая зрелость; стратегическое планирование.

Для цитирования: Эргешов М.Б., Владимирский А.В. Научное обоснование индекса цифровой зрелости здравоохранения для обеспечения эффективной борьбы с хроническими неинфекционными заболеваниями в Туркменистане. *Врач и информационные технологии.* 2022; 4: 64-75. 10.25881/18110193_2022_4_64.

ERGESHOV M.B.,

PhD, Ministry of Health and Medical Industry of Turkmenistan, Ashgabat, Turkmenistan,
e-mail: ergeshov005@gmail.com

VLADZIMYRSKY A.V.,

DSc, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia,
e-mail: a.vladzimirsky@npcmr.ru

SCIENTIFIC RATIONALE FOR THE HEALTHCARE DIGITAL MATURITY INDEX TO ENSURE EFFECTIVE CONTROL OF CHRONIC NON-COMMUNICABLE DISEASES IN TURKMENISTAN

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_64

Abstract.

Background. Strategic management of healthcare which, among all, includes modern digital technologies, has increasing importance in the light of non-communicable diseases burden.

Aim. To develop an tool which evaluates and predicts the digital maturity of healthcare, accounting for the strategic importance of combating chronic non-communicable diseases

Materials and methods. We performed an analytical study, making a systematic review of international experience, analysis and adaptation of the principles of monitoring digital maturity. The validity and reliability of the developed index was assessed, with international experts being on the team.

Results and discussion. A patient-oriented index of the healthcare system digital maturity has been developed and validated. For the first time this index was used to measure the system state and dynamics, and to predict the development of the healthcare digital transformation in Turkmenistan. Systematic analysis of maturity of the healthcare digitalization was also a first in Turkmenistan. Authors found positive dynamics of the system going from "low" status in 2018 to "developing" status in 2021. An optimal development scenario aiming at achieving "mature" and "innovative" statuses by 2026 was established using forecasting.

Conclusion. The validity and reliability of the patient-centered index of the healthcare digital maturity was 0.92 [95% CI 0.88; 0.94] and 0.91 [95% CI 0.87; 0.94], respectively.

Keywords: chronic non-communicable diseases; healthcare organization; prevention; digital maturity; strategic planning.

For citation: Ergeshov M.B., Vladzimirsky A.V. Scientific rationale for the healthcare digital maturity index to ensure effective control of chronic non-communicable diseases in Turkmenistan. Medical doctor and information technology. 2022; 4: 64-75. 10.25881/18110193_2022_4_64.

ВВЕДЕНИЕ

В контексте преодоления бремени хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) особое значение приобретает стратегическое управление отраслью здравоохранения, реализуемое в том числе на основе современных цифровых технологий [1–3].

В Туркменистане принята и реализуется «Стратегия развития цифровой системы здравоохранения в Туркменистане на 2019–2025 гг.». Представляется актуальным проведение периодического мониторинга успешности ее реализации как в целом в стране, так и в отдельных административно-территориальных единицах. Мониторинг оптимально проводить методом бенчмаркинга для составления рейтингов и поддержки принятия управленческих решений с целью непрерывного улучшения. На основе результатов научных исследований стало очевидно, что ХНИЗ представляют собой ключевой вызов национальной системе здравоохранения, наносят колоссальный социально-экономический и демографический ущерб, а потому требуют непрерывных комплексных мер по преодолению. Принимая во внимание мировой опыт, наиболее эффективно такие меры реализуются именно на основе системной цифровизации здравоохранения [4–9]. Следовательно, бенчмаркинг реализации национальной стратегии должен проводиться с учетом показателей, отражающих успешность борьбы с ХНИЗ.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать инструмент для объективизированной оценки и прогнозирования цифровой зрелости здравоохранения с учетом стратегической важности борьбы с ХНИЗ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В научной литературе, а также в материалах Всемирной организации здравоохранения термин «хронические неинфекционные заболевания» не имеет однозначной трактовки с точки зрения конкретного, общепринятого списка нозологий. В рамках нашего исследования в понятие «хронические неинфекционные заболевания» включены следующие классы Международной классификации болезней 10-го пересмотра (МКБ-10): болезни, характеризующиеся

повышенным кровяным давлением (I10-I15); хроническая ишемическая болезнь сердца (I20, I24-25); сахарный диабет (E10-14); хроническая обструктивная болезнь легких (J40-J47).

Проведена разработка методики оценки цифровой зрелости здравоохранения, потенциально применимая для бенчмаркинга крупных территорий: от административно-территориальных единиц до государств. Отличительная характеристика методики — пациент-ориентированность и фокус на борьбу с ХНИЗ. Общий ход работы отображен на схеме (Рис. 1).

Оценка валидности разработанного индекса проведена путем математического анализа согласованности экспертных решений. Для этого сформирована международная группа экспертов в сфере цифрового здравоохранения. В группу вошли 11 специалистов в возрасте от 39 до 64 лет с базовым медицинским (55,0%) или инженерным (45,0%) образованием. Стаж работы экспертов в сфере цифровизации здравоохранения колебался в диапазоне от 11 до 24 лет, в среднем составляя 15,3+3,9 года. На момент исследования все приглашенные эксперты занимали различные руководящие должности (в том числе в структурах государственного управления — 36,0%), дополнительно вели преподавательскую работу 45,0%, ученую степень имели 64,0%.

Экспертам было предложено независимо провести оценку степени цифровой зрелости Туркменистана, Российской Федерации и Китайской Народной Республики, руководствуясь официальными государственными документами. Сами по себе оценки зрелости указанных иностранных государств не являются предметом исследования и по требованию экспертов не подлежат публикации. В контексте этой работы нас интересовала лишь согласованность решений экспертов в конкретных ситуациях с авторскими. Для этого на основе открытых данных мы самостоятельно провели аналогичную оценку цифровой зрелости перечисленных выше государств. После чего был использован коэффициент каппа Cohen для попарного измерения согласованности решений между нашим суждением (как базовым) и мнением каждого эксперта. Для результатов рассчитано среднее значение, которое и стало метрикой валидности индекса.



Рисунок 1 — Схема этапов разработки оригинального индекса цифровой зрелости системы здравоохранения.

Надежность разработанного индекса оценена путем вычисления стандартного коэффициента внутренней согласованности альфа Cronbach с использованием массива заполненных на предыдущем этапе анкет ($n = 11$).

Использованы аналитические методы научного исследования, статистические коэффициенты каппа Cohen, альфа Cronbach. Значения коэффициентов указывают силу согласованности: $>0,9$ — высокая; $0,8-0,89$ — хорошая; $0,7-0,79$ — достаточная; $0,6-0,69$ — сомнительная; $0,5-0,59$ — низкая; $\leq 0,5$ — отсутствует (недостаточная).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В соответствии с ходом исследования, представленного выше, нами разработан «Пациент-ориентированный индекс цифровой зрелости системы здравоохранения» (табл. 1), который включает 5 доменов (групп критериев):

1. **Лидерство** — политический и законодательный аспект; наличие стратегии и степень ее реализации, развитие релевантной нормативно-правовой базы.
2. **Персонал** — кадровый аспект; наличие и готовность кадров разных профилей для цифровой трансформации.

3. **Инфраструктура** — технический аспект; развитие базовых телекоммуникаций и аппаратно-программного обеспечения, необходимых для цифровой трансформации как фундаментальный минимум.

4. **Информатизация** — методический аспект; развитие конкретных услуг и способов применения цифровых технологий.

5. **Пациент-ориентированность** — гражданский аспект; наличие и развитие целевых сервисов и возможностей для пациента.

В первом домене — **Лидерство**, анализируются критерии приоритизации цифровизации как национальной стратегии развития здравоохранения; развитости нормативно-правового регулирования по критичным с точки зрения пациент-ориентированности и фокуса на борьбу с ХНИЗ направлениям (здесь необходим не только фактический учёт наличия определенных законодательных актов, но и их качественный анализ, направленность на преодоление ХНИЗ); развитости стандартизации и степени перехода от локальных стандартов к гармонизированным международным, обеспечивающим максимальную интероперабельность и качество процессов и систем. Результирующим критерием является формирование

управления системой здравоохранения на основе данных (от англ. «data-driven healthcare management»).

В втором домене — Персонал, оценивается уровень развития цифровых знаний и компетенций у врачебного и среднего медицинского

персонала, а также целевая подготовка инженерных кадров и ИТ-специалистов именно для сферы здравоохранения. Сюда же могут быть отнесены и многопрофильные специалисты (например, медицинские физики, врачи-кибернетики).

Таблица 1 — Пациент-ориентированный индекс цифровой зрелости системы здравоохранения

Домен (группа критериев)	Критерий	Оценка / Баллы	Примечание, разъяснение
Лидерство	Цифровизация приоритизирована как стратегическое направление развития системы здравоохранения	Отсутствует — 0 Начальный уровень — 1 Средний уровень — 2 Высокий уровень — 3 Продвинутый уровень — 4	Начальный уровень — бессистемная активность. Средний уровень — цифровизация включена в стратегические нормативно-правовые акты в сфере здравоохранения. Высокий уровень — созданы специальные структуры, налажено взаимодействие между министерствами и ведомствами, ведется системная работа. Продвинутый уровень — обеспечены финансовые механизмы, системная реализация комплексов мероприятий
	Законодательство в сфере:		
	защиты персональных данных	Нет — 0 Локальные НПА* — 1 Национальные НПА — 2	* НПА — нормативно-правовые акты
	оборота медицинских изделий	Нет — 0 Локальные НПА — 1 Национальные НПА — 2	
	преимущества, безопасности и качества медицинской помощи	Нет — 0 Локальные НПА — 1 Национальные НПА — 2	
	Стандартизация в сфере цифровизации здравоохранения	Нет — 0 Локальные стандарты — 1 Гармонизированные международные и национальные стандарты — 2	
	Управление, основанное на данных	Нет — 0 Разработаны НПА — 1 Создана инфраструктура — 2 Реализовано в отдельных ситуациях/сферах — 3 Реализовано во всей системе здравоохранения — 4	
Персонал	Компетенции и навыки в сфере цифровизации интегрированы в профессиональное обучение:		
	врачей	Нет — 0 Да, на до- или последипломном уровне — 1 Да, на всех уровнях профессионального образования — 2	
	среднего медицинского персонала	Нет — 0 Да, на до- или последипломном уровне — 1 Да, на всех уровнях профессионального образования — 2	
	Наличие инженерных и технических кадров, специально подготовленных для работы в здравоохранении	Нет — 0 Единичные — 1 Системная подготовка — 2	

Таблица 1 — Пациент-ориентированный индекс цифровой зрелости системы здравоохранения (продолжение)

Домен (группа критериев)	Критерий	Оценка / Баллы	Примечание, разъяснение
Инфраструктура	Охват медицинских организаций телекоммуникациями:		
	Амбулаторное звено	0% — 0 0-50% — 1 50-100% — 2	
	Стационарное звено	0% — 0 0-50% — 1 50-100% — 2	
	Наличие централизованных хранилищ медицинских данных	Нет — 0 На уровне АТЕ* — 1 На национальном уровне — 2	* АТЕ — административно-территориальная единица
Информатизация	Развитие национальной информационной системы здравоохранения	Отсутствует — 0 Начальный уровень — 1 Средний уровень — 2 Высокий уровень — 3 Продвинутый уровень — 4	Начальный уровень — принято стратегическое государственное решение, создана и утверждена нормативно-правовая база. Средний уровень — создана основная инфраструктура, подготовлены пользователи. Высокий уровень — реализованы запланированные подсистемы и функции в объеме 50%. Продвинутый уровень — реализованы запланированные подсистемы и функции в объеме 100%.
	Развитие медицинских информационных систем:		
	Функции	Отсутствует — 0 Начальный уровень — 1 Средний уровень — 2 Высокий уровень — 3 Продвинутый уровень — 4	Начальный уровень — реализовано ведение электронной карты пациента, электронного документооборота. Средний уровень — интеграция лабораторных и/или радиологических информационных систем. Высокий уровень — интеграция с национальной информационной системой здравоохранения. Продвинутый уровень — интеграция систем поддержки принятия решений на основе технологий искусственного интеллекта
	Охват		
	Амбулаторное звено	0% — 0 0-50% — 1 50-100% — 2	
	Стационарное звено	0% — 0 0-50% — 1 50-100% — 2	
	Наличие электронных регистров:		
	пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями (по классам заболеваний)	Нет — 0 На уровне АТЕ — 1 На национальном уровне — 2	
	пациентов с инфекционными и социально-значимыми заболеваниями	Нет — 0 На уровне АТЕ — 1 На национальном уровне — 2	
	пациентов с онкологическими заболеваниями	Нет — 0 На уровне АТЕ — 1 На национальном уровне — 2	
	вакцинации	Нет — 0 На уровне АТЕ — 1 На национальном уровне — 2	
	Применимость телемедицинских технологий для взаимодействия медицинских работников	Отсутствует — 0 Начальный уровень — 1 Средний уровень — 2 Высокий уровень — 3	Начальный уровень — принято стратегическое государственное решение, создана и утверждена нормативно-правовая база. Средний уровень — создана основная инфраструктура, подготовлены пользователи, оказываются отдельные услуги. Высокий уровень — услуги оказываются на постоянной основе.

Таблица 1 — Пациент-ориентированный индекс цифровой зрелости системы здравоохранения (продолжение)

Домен (группа критериев)	Критерий	Оценка / Баллы	Примечание, разъяснение
Информатизация	Применимость телемедицинских консультаций для взаимодействия медицинских работников и пациентов	Отсутствует — 0 Начальный уровень — 1 Средний уровень — 2 Высокий уровень — 3	См. выше
	Применимость телемедицинского мониторинга пациентов	Отсутствует — 0 Начальный уровень — 1 Средний уровень — 2 Высокий уровень — 3	См. выше
	Развитие систем централизованного учета распределения и использования лекарственных средств и иных ресурсов	Отсутствует — 0 Начальный уровень — 1 Средний уровень — 2 Высокий уровень — 3 Продвинутый уровень — 4	Начальный уровень — принято стратегическое государственное решение, создана и утверждена нормативно-правовая база. Средний уровень — создана основная инфраструктура, подготовлены пользователи. Высокий уровень — реализованы запланированные подсистемы и функции в объеме 50%. Продвинутый уровень — реализованы запланированные подсистемы и функции в объеме 100%.
Пациент-ориентированность	Наличие порталов здравоохранения для пациентов	Нет — 0 На уровне медицинских организаций — 1 На уровне АТЕ — 2 На национальном уровне — 3	
	Дистанционная запись к врачу	Нет — 0 На уровне АТЕ — 1 На национальном уровне — 2	
	Цифровая система диспетчизации скорой медицинской помощи	Нет — 0 На уровне АТЕ — 1 На национальном уровне — 2	
	Дистанционный доступ к электронной медицинской карте	Нет — 0 На уровне АТЕ — 1 На национальном уровне — 2	
	Оказание электронных информационных услуг, связанных с профилактикой, регулярными профилактическими осмотрами, диспансеризацией	Нет — 0 На уровне АТЕ — 1 На национальном уровне — 2	
	Электронная рецептура	Нет — 0 На уровне медицинских организаций — 1 На уровне АТЕ — 2 На национальном уровне — 3	

В третьем домене — Инфраструктура, оцениваются только два критерия, но на наш взгляд они критичны именно для оценки цифровой зрелости. Это утверждение требует пояснения. Детальная характеристика оснащенности не является задачей индекса. По нашему мнению, суть цифровой зрелости состоит именно в готовности к трансформациям и непрерывному улучшению. В контексте инфраструктуры критичны телекоммуникации (то есть наличие единой телекоммуникационной сети всех медицинских организаций) и централизованный архив медицинских данных (на их

основе и возможна цифровая трансформация, внедрение принципиально новых процессов и даже форм организации медицинской помощи).

В четвертом домене — Информатизация, собраны критерии, отражающие внедрение в практику конкретных инструментов и методологий: медицинских информационных систем, объединенных в единую национальную систему; телемедицины и электронных регистров (по классам заболеваний, относимых к ХНИЗ); систем централизованного учета и управления материальными ресурсами.

Таблица 2 — Внутрэкспертная согласованность оценок по доменам пациент-ориентированного индекса цифровой зрелости системы здравоохранения

Домен	Коэффициент согласованности	95% доверительный интервал
Лидерство	0,99	0,97;1,00
Персонал	0,97	0,95;1,00
Инфраструктура	0,84	0,81;0,88
Информатизация	0,93	0,89;0,98
Пациент-ориентированность	0,89	0,86;0,91
Индекс полностью	0,92	0,88;0,94

Пятый домен — Пациент-ориентированность, объединяет критерии, характеризующие развитость цифровых услуг в сфере здравоохранения для пациента (гражданина). Причем сюда включены как информационные, так и логистические, медицинские и профилактические услуги. Последние особенно актуальны в контексте преодоления проблемы ХНИЗ.

Относительно проблемы преодоления ХНИЗ высокоспецифичными критериями являются: качественный анализ сути нормативно-правовой базы; наличие регистров по классам заболеваний, применимость телемедицинского мониторинга пациентов; развитие систем централизованного учета распределения и использования лекарственных средств и иных ресурсов в сочетании с электронной рецептурой (критично важно для обеспечения доступности, преемственности медицинской помощи пациентам с ХНИЗ, обеспечения высокого уровня их социализации и качества жизни); оказание специфических электронных информационных услуг, связанных с профилактикой, регулярными профилактическими осмотрами, диспансеризацией.

На основе балльной оценки устанавливается степень зрелости системы здравоохранения по 4 категориям:

1. Низкая — до 40 баллов.
2. Развивающаяся — 41-60 баллов.
3. Зрелая — 60-70 баллов.
4. Инновационная — выше 75 баллов.

Нами проведена оценка валидности и надежности индекса. Результаты оценки внутрэкспертной согласованности, как меры валидности, представлены в таблице 2.

Полученные данные свидетельствуют о высокой согласованности мнений экспертов. Фактически это означает, что в большинстве случаев

эксперты указывали одинаковые оценки по одним и тем же критериям. Наиболее высокий уровень согласованности отмечен для доменов «Лидерство» и «Персонал» (каппа Cohen 0,99 [95% ДИ 0,97;1,00] и 0,97 [95% ДИ 0,95;1,00], соответственно). Наименьший уровень — для домена «Инфраструктура» (каппа Cohen 0,84 [95% ДИ 0,81;0,88]); это мы связываем с некоторой гетерогенностью исходных данных, представленных для оценки экспертами, а также внутренними противоречиями в методиках оценки (формирования решений).

Общий коэффициент для индекса составил 0,92 [95% ДИ 0,88;0,94], что свидетельствует о высокой согласованности решений и, соответственно, высокой надежности разработанного нами индекса.

Нами получено значение коэффициента альфа Cronbach 0,91 [95% ДИ 0,87;0,94], которое свидетельствует о высокой надежности предложенного нами индекса.

Таким образом, для пациент-ориентированного индекса цифровой зрелости системы здравоохранения доказаны высокая валидность (каппа Cohen 0,92 [95% ДИ 0,88;0,94]) и надежность (альфа Cronbach 0,91 [95% ДИ 0,87;0,94]), что позволило использовать индекс в нашей дальнейшей научной работе, а также рекомендовать его для широкого применения.

С учетом доказанной надежности и валидности индекса нами проведена оценка цифровой зрелости системы здравоохранения Туркменистана по разработанной методике. Результаты представлены далее.

На момент проведения диссертационного исследования степень цифровой зрелости системы здравоохранения Туркменистана нами оценена в 47 баллов, то есть как развивающаяся. Однако

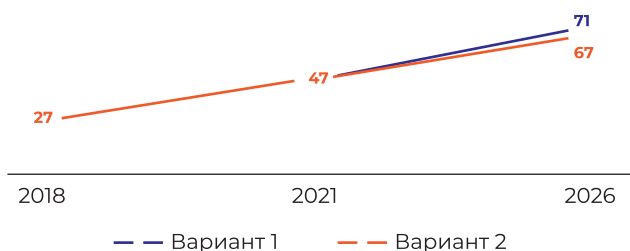


Рисунок 2 — Динамика пациент-ориентированного индекса цифровой зрелости системы здравоохранения Туркменистана (с прогнозом развития до 2026 г.).

констатация одного значения неинформативна, поэтому мы провели ретроспективную оценку по состоянию на 2018 г., то есть до принятия документа «Стратегия развития национальной информационной системы здравоохранения в Туркменистане на 2019–2025 годы». Также выполнили прогнозную оценку индекса к 2026 году, исходя из предиктивного выполнения запланированных в Стратегии мероприятий в объеме 80% и 90%. Соответственно, получена динамика индекса цифровой зрелости, представленная на диаграмме (Рис. 2).

Таким образом, до принятия крайне важного политического решения и формирования Стратегии развития национальной информационной системы цифровую зрелость системы здравоохранения Туркменистана можно было оценить как низкую (27 баллов). В настоящее время благодаря комплексным усилиям и началу реализации Стратегии степень зрелости кардинальным образом улучшилась и может быть охарактеризована как развивающаяся (47 баллов). Дальнейший прогноз формируется по двум сценариям — оптимистичному и умеренному. В первом случае мероприятия по развитию национальной информационной системы здравоохранения будут выполнены в объеме 90% и более, во втором — в объеме около 80%. Соответственно, динамика индекса цифровой зрелости составит 71 или 67 баллов. В любом случае будет достигнут следующий уровень — система здравоохранения Туркменистана, с точки зрения цифровой трансформации, станет зрелой. В случае развития событий по умеренному сценарию потребуется тщательный анализ ситуации и выработка мероприятий по улучшению. При

реализации оптимистичного сценария будут созданы предпосылки для дальнейшего усиления системы и перехода ее в разряд инновационных.

ОБСУЖДЕНИЕ

Нами проанализирован глобальный опыт [10–14]. Путем поиска и обзора научных и методических источников выявлены так называемые «индексы (модели) цифровой зрелости», информация систематизирована. В анализ включены «Global Digital Health Index (GDHI)», Российский индекс цифровой зрелости здравоохранения, «Health Information Systems Interoperability Maturity Toolkit (HISIMT)», «Informatics Capability Maturity Model (ICMM)», Индекс «Медвиз», «Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS)». Далее выполнена аналитическая оценка применимости того или иного индекса (модели) для бенчмаркинга цифровизации здравоохранения с учетом стратегической значимости борьбы с ХНИЗ.

«Global Digital Health Index (GDHI)» [12; 13] — международный индекс, ориентированный на сравнительную оценку государств. По семи категориям распределены утверждения, описывающие разную степень (от 1 до 5) зрелости инфраструктуры, услуг и действий в рамках данной категории. Индекс позволяет провести комплексную оценку, включая развитие человеческих ресурсов (что часто остается вне зоны внимания иных индексов). Также берутся в расчет стандарты в сфере цифровых технологий. Несмотря на тщательную методическую проработку, масштаб реального применения индекса ограничен 20–22 странами мира. Вместе с тем

это практически единственная валидированная методика, рассчитанная на бенчмаркинг целых стран.

Российский индекс цифровой зрелости здравоохранения [11] предназначен для оценки степени и качества цифровизации медицинской помощи на уровне административно-территориальной единицы, а также для сравнения на основе такой оценки разных регионов страны. Фактически он применяется для составления рейтингов. Индекс отличается сбалансированностью и выраженной пациент-ориентированностью. Четыре из девяти параметров посвящены оценке удельного веса граждан, имеющих доступ к тем или иным услугам в сфере здравоохранения (дистанционная запись на прием, доступ к личной электронной медицинской карте и т.д.). Остальные параметры (также вычисляемые — удельный вес) посвящены оценке инфраструктуры, централизованному учету лекарственных веществ и телемедицинским консультациям между медицинскими работниками. В целом индекс можно охарактеризовать как сбалансированный и наиболее пациент-ориентированный.

«Health Information Systems Interoperability Maturity Toolkit (HISIMT)» [14] предназначен для целевой оценки стандартизации и совместимости в сфере цифрового здравоохранения. Он содержит обширную совокупность подкатегорий по трем основным доменам. Отличительная черта индекса — это оценочная формулировка степени зрелости по нескольким категориям: зарождающаяся, развивающаяся, сформированная, институционализированная, оптимальная. Индекс развит методически, но решает узкую специальную задачу. Это, безусловно, ограничивает его применение, особенно в контексте борьбы с ХНИЗ.

«Informatics Capability Maturity Model (ICMM)» [12, 13] в чем-то схож с HISIMT, но более сфокусирован на организационных аспектах внедрения, эксплуатации, управления информационными технологиями. Путем оценки по подкатегориям устанавливается степень зрелости информационных возможностей данной медицинской организации по пяти категориям: базовая, контролируемая, стандартизированная, оптимальная, инновационная. Аналогично «Health Information System Stages of Continuous Improvement Toolkit

(HISSCIT)» сфокусирован на вопросах непрерывного улучшения в сфере цифровизации медицинской помощи для отдельно взятого учреждения и их сравнения между собой.

Индекс «Медвиз» [10] является узкоспециализированным инструментом, позволяющим присвоить определенный иерархический уровень развития цифровой инфраструктуры отдельного структурного подразделения медицинской организации — отделения инструментальной (лучевой) диагностики. Индекс разработан на основе международной модели «Digital Imaging Adoption Model (DIAM)», фактически является адаптацией. Его применимость ограничена.

Индексы «HISIMT», «ICMM», «HISSCIT» и «Медвиз» узкоспециализированы и ориентированы на применение в рамках отдельных медицинских организаций; соответственно и бенчмаркинг возможен только для учреждений. Относительно борьбы с ХНИЗ эти индексы позволяют вынести лишь косвенные суждения о готовности, развитии и перспективах цифровой инфраструктуры и услуг. Практически невозможно учесть аспекты доступности соответствующих технологий. Совсем не оценивается вовлеченность пациентов.

Наиболее известная и масштабная международная некоммерческая организация в сфере информационных технологий в здравоохранении — «Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS)», разработала и коммерциализировала систему консалтинга по развитию цифровизации. Эта система основана на совокупности моделей оценки зрелости разных компонентов: инфраструктуры, диагностической визуализации, преемственности данных, электронных медицинских карт на амбулаторном и госпитальном уровнях, администрировании ресурсов и цепей поставок и т.д. [10–12; 15]. С методологической точки зрения — это самая совершенная и развитая система, позволяющая осуществить объективную оценку и рейтингование отдельной медицинской организации. Аккредитация «HIMSS» наиболее престижная и востребованная, но, вместе с тем, она не применима для оценки административно-территориальных единиц, не отражает специфику потребностей и ресурсов для борьбы с ХНИЗ.

В ходе анализа мы установили, что среди наиболее развитых методик оценки цифровой

зрелости здравоохранения отсутствуют индексы, направленные на учет и анализ специфических аспектов борьбы с ХНИЗ. Крайне малое количество индексов включает оценку вовлеченности и иные пациент-ориентированные метрики [15; 16]. Лишь два индекса предназначены для сравнения сетей медицинских организаций, точнее систем здравоохранения, на уровне административно-территориальной единицы или целого государства [17; 18]. Полученные неудовлетворительные результаты анализа существующих методик обусловили необходимость разработки специализированного индекса оценки цифровой зрелости.

На этом фоне наша разработка основывается на следующих ключевых требованиях, использованных при формировании индекса: пациент-ориентированность, сбалансированность оценок разных компонентов системы здравоохранения, учет аспектов комплексной борьбы с ХНИЗ, применимость для бенчмаркинга на уровне государства и административно-территориальных единиц.

Зрелость цифровой трансформации здравоохранения необходимо рассматривать системно, комплексно с позиций политического, законодательного, кадрового, технического, методического и гражданского аспектов [19]. Такой подход мы и использовали в нашей работе. Последовательность доменов выбрана неслучайно.

Хотя арифметически она не влияет на результат оценки, но идеологически отображает наиболее верный порядок цифровой трансформации в здравоохранении: политическое решение и его нормативное обеспечение, затем — комплексная подготовка кадров, обеспечение нужных компетенций и кадров; только после этого — решение технологических задач, поскольку без нужных знаний и кадров техника работать не будет, а финансовые вложения в инфраструктуру не оправдаются. На основе компетенций, кадров и технологий формируются и реализуются методологии. Финалом является переход от цифровизации процессов и рабочих процедур для медицинского персонала к цифровизации услуг для пациентов, в широком смысле — для всех граждан.

ВЫВОДЫ

Разработан и валидирован пациент-ориентированный индекс цифровой зрелости системы здравоохранения (валидность 0,92 [95% ДИ 0,88;0,94], надежность 0,91 [95% ДИ 0,87;0,94]); на его основе впервые проведена оценка состояния, динамики и осуществлен прогноз развития цифровой трансформации системы здравоохранения Туркменистана.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность. Авторы заявляют об отсутствии спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Горный Б.Э., Куликова М.С. Использование текстовых сообщений в профилактике хронических неинфекционных заболеваний // Профилактическая медицина. – 2021. – Т.24. – №5. – С.111-117. [Gornyj B], Kulikova MS. The use of text messages in the prevention of chronic non-communicable diseases. Profilakticheskaja medicina. 2021; 24(5): 111-117. (In Russ.)]
2. Сон Д.А., Турдалиева Б.С., Аимбетова Г.Е. Применение современных информационных технологий для охраны здоровья населения и профилактики хронических неинфекционных заболеваний // Наука о жизни и здоровье. – 2019. – №3. – С.82-87. [Son DA, Turdalieva BS, Aimbetova GE. The use of modern information technology to protect public health and the prevention of chronic noncommunicable diseases. Nauka o zhizni i zdorov'e. 2019; 3: 82-87. (In Russ.)]
3. Alebrahim-Dehkordi E, Deravi N, Reyhanian A, Saberianpour S, Mokhtari M, Hasanpour-Dehkordi A. Chronic non-communicable diseases in the epidemic (COVID-19): Investigation of risk factors, control and care. Przegl Epidemiol. 2020; 74(3): 449-456. doi: 10.32394/pe.74.38.
4. Владимирский А.В. Первичная телемедицинская консультация «пациент-врач»: первая систематизация методологии // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2017. – №2(4). – С.109-120. [Mladzymyrskyy AV. Patient initiated direct-to-consumer telemedicine consultations: first step for a methodology systematization. Zhurnal telemeditsiny i jelektronnogo zdavoohranenija. 2017; 2(4): 109-120. (In Russ.)]
5. Кульбаева Ш.К., Тургамбаева А.К., Мусина А.А. Характер востребованности мобильных приложений для сопровождения пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями // Вестник

- Казахского национального медицинского университета. – 2020. – №3. – С.558-562. [Kul'baeva ShK, Turgambaeva AK, Musina AA. Nature of the demand of mobile applications for accompanying patients with chronic non-communicable diseases. Vestnik Kazahskogo nacional'nogo medicinskogo universiteta. 2020; 3: 558-562. (In Russ.)]
6. Селиверстов П.В., Бакаева С.Р., Шаповалов В.В. Оценка рисков социально значимых хронических неинфекционных заболеваний с использованием телемедицинской системы // Врач. – 2020. – Т.31. – №10. – С.68-73. [Seliverstov PV, Bakaeva SR, Shapovalov VV. A telemedicine system in the assessment of risks for socially significant chronic non-communicable diseases. Vrach.2020; 31(10): 68-73. (In Russ.)]
 7. Anderson K, Burford O, Emmerton L. Mobile Health Apps to Facilitate Self-Care: A Qualitative Study of User Experiences. PLoS One. 2016; 11(5): e0156164. doi: 10.1371/journal.pone.0156164.
 8. Hoffer-Hawlik MA, Moran AE, Burka D, Kaur P, Cai J, Frieden TR, Gupta R. Leveraging Telemedicine for Chronic Disease Management in Low- and Middle-Income Countries During Covid-19. Glob Heart. 2020; 15(1): 63. doi: 10.5334/gh.852.
 9. Indraratna P, Tardo D, Yu J, Delbaere K, Brodie M, Lovell N, Ooi SY. Mobile Phone Technologies in the Management of Ischemic Heart Disease, Heart Failure, and Hypertension: Systematic Review and Meta-Analysis. JMIR Mhealth Uhealth. 2020; 8(7): e16695. doi: 10.2196/16695.
 10. Морозов С.П., Владзимирский А.В., Сафронов Д.С. Бенчмаркинг для оценки качества цифровизации отделений лучевой диагностики: разработка методологии // Врач и информационные технологии. – 2019. – №1. – С.40-45. [Morozov SP, Vladzimirskyy AV, Safronov DS. Benchmarking for assessing the quality of digitization of radiology departments: methodology development. Vrach i informacionnye tehnologii. 2019; 1: 40-45. (In Russ.)]
 11. Орлов Г.М., Левин М.Б. Методологические подходы к разработке эталонных моделей государственных информационных систем в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации // Информационные ресурсы России. – 2021. – №2(180). – С.20-27. [Orlov GM, Levin MB. Methodological approaches to the reference models development of regional healthcare state information systems in the Russian Federation. Informacionnye resursy Rossii. 2021; 2(180): 20-27. (In Russ.)]
 12. Cresswell K, Sheikh A, Krasuska M, Heeney C, Franklin BD, Lane W, Mozaffar H, Mason K, Eason S, Hinder S, Potts HWW, Williams R. Reconceptualising the digital maturity of health systems. Lancet Digit Health. 2019; 1(5): e200-e201. doi: 10.1016/S2589-7500(19)30083-4.
 13. Kouroubali A, Papastilianou A, Katehakis DG. Preliminary Assessment of the Interoperability Maturity of Healthcare Digital Services vs Public Services of Other Sectors. Stud Health Technol Inform. 2019; 264: 654-658. doi: 10.3233/SHTI190304.
 14. Liaw ST, Zhou R, Ansari S, Gao J. A digital health profile & maturity assessment toolkit: cocreation and testing in the Pacific Islands. J Am Med Inform Assoc. 2021; 28(3): 494-503. doi: 10.1093/jamia/ocaa255.
 15. Sibuyi IN, de la Harpe R, Nyasulu P. A Stakeholder-Centered mHealth Implementation Inquiry Within the Digital Health Innovation Ecosystem in South Africa: MomConnect as a Demonstration Case. JMIR Mhealth Uhealth. 2022; 10(6): e18188. doi: 10.2196/18188.
 16. Flott K, Callahan R, Darzi A, Mayer E. A Patient-Centered Framework for Evaluating Digital Maturity of Health Services: A Systematic Review. J Med Internet Res. 2016; 18(4): e75. doi: 10.2196/jmir.5047.
 17. Tom-Aba D, Silenou BC, Doerrbecker J, Fourie C, Leitner C, Wahnschaffe M, Strysewske M, Arinze CC, Krause G. The Surveillance Outbreak Response Management and Analysis System (SORMAS): Digital Health Global Goods Maturity Assessment. JMIR Public Health Surveill. 2020; 6(2): e15860. doi: 10.2196/15860.
 18. Halminen O, Chen A, Tenhunen H, Lillrank P. Demonstrating the value of digital health: Guidance on contextual evidence gathering for companies in different stages of maturity. Health Serv Manage Res. 2021; 34(1): 13-20. doi: 10.1177/0951484820971447.
 19. Пугачев П.С., Гусев А.В., Кобякова О.С., Кадыров Ф.Н., Гаврилов Д.В., Новицкий Р.Э., Владзимирский А.В. Мировые тренды цифровой трансформации отрасли здравоохранения // Национальное здравоохранение. – 2021. – Т.2. – №2. – С.5-12. Pugachev PS, Gusev AV, Kobjakova OS, Kadyrov FN, Gavrillov DV, Novickij Rje, Vladzimirskyy AV. Global trends in the digital transformation of the healthcare industry. Nacional'noe zdavoohranenie. 2021; 2(2): 5-12. (In Russ.)]

ТЫРОВ И.А.,

Департамент здравоохранения города Москвы, Москва, Россия,
e-mail: zdrav@mos.ru

ВАСИЛЬЕВ Ю.А.,

к.м.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия,
e-mail: info@nrcmr.ru

АРЗАМАСОВ К.М.,

к.м.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия,
e-mail: ArzamasovKM@zdrav.mos.ru

ВЛАДИМИРСКИЙ А.В.,

д.м.н., профессор, ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия,
e-mail: info@nrcmr.ru

ШУЛЬКИН И.М.,

ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия,
e-mail: i.shulkin@nrcmr.ru

ОМЕЛЯНСКАЯ О.В.,

ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия,
e-mail: info@nrcmr.ru

ЧЕТВЕРИКОВ С.Ф.,

к.т.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия,
e-mail: ChetverikovSF@zdrav.mos.ru

ОЦЕНКА ЗРЕЛОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ: МЕТОДОЛОГИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ НА МАТЕРИАЛАХ МОСКОВСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО КОМПЬЮТЕРНОМУ ЗРЕНИЮ В ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_76

Аннотация.

Цель работы разработать и апробировать методологию оценки зрелости программного обеспечения на основе технологии искусственного интеллекта (ТИИ) для сферы здравоохранения.

Материалы и методы. Методология разработки матрицы зрелости программного обеспечения на основе ТИИ для сферы здравоохранения основана на литературных данных и на анализе собственного практического опыта, полученного в ходе «Эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы» в 2021–2022 гг. Изучены результаты работы 35 отдельных программных продуктов на основе ТИИ, охватывающих основные направления лучевой диагностики.

Результаты. Разработана матрица зрелости, учитывающая показатели технической стабильности — удельный вес технологических дефектов, и диагностическую составляющую — площадь под характеристической кривой. Данная модель апробирована на 35 программных продуктах на основе ТИИ. Зрелости достигли 40% рассмотренных программных продуктов. Для 24 программных продуктов на основе ТИИ проведена оценка динамики развития: 15 из них (62%) находятся в зоне диагностической стагнации; 8 (33%) — в зоне высокого диагностического и технического потенциала, 1 (4%) — в зоне низкого диагностического и технического потенциала и 1 (4%) при развитии диагностического потенциала ухудшил техническую составляющую.

Заключение. По результатам оценки качества работы 35 программных продуктов на основе ТИИ разработана методология оценки зрелости ТИИ для здравоохранения, которая включает в себя матрицу зрелости и метод оценки клинико-технической трансформации зрелости, что позволяет проводить оценку программного продукта на основе ТИИ как дискретно (одномоментно), так и в динамике.

Ключевые слова: лучевая диагностика; искусственный интеллект; оценка зрелости технологии.

Для цитирования: Тыров И.А., Васильев Ю.А., Арзамасов К.М., Владимирский А.В., Шулькин И.М., Омелянская О.В., Четвериков С.Ф. Оценка зрелости технологий искусственного интеллекта для здравоохранения: методология и ее применение на материалах московского эксперимента по компьютерному зрению в лучевой диагностике. *Врач и информационные технологии.* 2022; 4: 76-92. doi: 10.25881/18110193_2022_4_76.

TYROV I.A.,

Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia,
e-mail: zdrav@mos.ru

VASILYEV Y.A.,

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies
of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia, e-mail: info@npcmr.ru

ARZAMASOV K.M.,

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies
of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia, e-mail: k.arzamasov@npcmr.ru

VLADZIMIRSKY A.V.,

DSc, Professor, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies
of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia, e-mail: info@npcmr.ru

SHULKIN I.M.,

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies
of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia, e-mail: i.shulkin@npcmr.ru

OMELYANSKAYA O.V.,

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies
of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia, info@npcmr.ru

CHETVERIKOV S.F.,

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies
of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia, e-mail: ChetverikovSF@zdrav.mos.ru

ASSESSMENT OF THE MATURITY OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES FOR HEALTHCARE: METHODOLOGY AND ITS APPLICATION BASED ON THE USE OF INNOVATIVE COMPUTER VISION TECHNOLOGIES FOR MEDICAL IMAGE ANALYSIS AND SUBSEQUENT APPLICABILITY IN THE HEALTHCARE SYSTEM OF MOSCOW

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_76

Abstract.

*Aim: to develop and test a methodology for assessing the maturity of healthcare software based on artificial intelligence (AI).
Materials and methods. The methodology for developing a maturity matrix for AI-based healthcare software is based on published data and on an analysis of our own practical experience obtained during the «Experiment on the use of innovative technologies in the field of computer vision for the analysis of medical images and further application in the Moscow healthcare system « in 2021–2022. We studied study results from 35 separate software products based on AI, covering key areas of radiology.*

Results. We developed a maturity matrix that takes into account the indicators of technical stability — the proportion of technological defects, and the diagnostic component — the area under the characteristic curve. This model has been tested in 35 software products based on AI, with 40% of the products having achieved maturity. The dynamics of development was assessed for 24 software products based on AI: 15 of them (62%) were in the zone of diagnostic stagnation; 8 (33%) — in the zone of high diagnostic and technical potential, 1 (4%) — in the zone of low diagnostic and technical potential, and 1 (4%) worsened the technical component with the increase in diagnostic potential.

Conclusion. A methodology for assessing the maturity of AI for healthcare has been developed based on the performance and quality assessment of 35 software products. This methodology includes a maturity matrix and a method for assessing the clinical and technical transformation of maturity, which makes it possible to evaluate an AI-based software product both discretely (simultaneously) and in dynamics.

Keywords: radiology; artificial intelligence; technology maturity assessment.

For citation: Tyrov I.A., Vasilyev Y.A., Arzamasov K.M., Vladzimirsky A.V., Shulkin I.M., Omelyanskaya O.V., Chetverikov S.F. Assessment of the maturity of artificial intelligence technologies for healthcare: methodology and its application based on the use of innovative computer vision technologies for medical image analysis and subsequent applicability in the healthcare system of Moscow. *Medical doctor and information technology.* 2022; 4: 76-92. doi: 10.25881/18110193_2022_4_76.

ВВЕДЕНИЕ

Информатизация и автоматизация современного здравоохранения приводят к масштабным трансформациям производственных процессов и сложившихся практик. Применение разнообразных информационных и телекоммуникационных технологий носит сквозной характер, охватывая все уровни и этапы оказания медицинской помощи, все клинические дисциплины и направления. В связи с этим все более актуальной становится оценка результативности и эффективности цифровизации. Ведь каждое технологическое решение в медицине — это лишь инструмент, использование которого требует обоснованного целеполагания, определения возможностей и ограничений, установления измеримых результатов. В последние годы появилось понятие «цифровая зрелость», фигурирующее в научных и методических материалах, а в Российской Федерации и некоторых иных странах введенное в нормативно-правовые документы [1–4]. В частности, оценка эффективности деятельности высших должностных лиц и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации предполагает в том числе расчет показателя цифровой зрелости (соответствующая методика утверждена Постановлением Правительства РФ от 03.04.2021 №542). Именно для области медицины разработан индекс цифровой зрелости здравоохранения, включенный в качестве инструмента в нормативно-правовые акты [5]. Созданы инструменты для оценки цифровой зрелости систем здравоохранения (например, «Global Digital Health Index»), медицинских организаций («Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS)» и т.д.) и даже отдельных информационных систем («Health Information Systems Interoperability Maturity Toolkit» и т.д.) [6–8].

В практическом аспекте разнообразные индексы и методики применяются для бенчмаркинга и создания рейтингов медицинских организаций или систем здравоохранения административно-территориальных единиц, а также для поддержки принятия и мониторинга выполнения управленческих решений и в научных задачах. В России, как уже было сказано выше, индекс цифровой зрелости здравоохранения применяется для оценки качества управленческой деятельности и развития системы медицинской помощи [9–12].

Большинство инструментов и методик предполагают в той или иной мере обобщенную оценку. Вместе с тем есть дискретные решения, то есть предназначенные для цифровизации отдельных клинических дисциплин и направлений, например, в сфере лучевой диагностики («Digital Imaging Adoption Model (DIAM)», «Медвиз») [13; 14]. Также в последние годы наметилась тенденция оценки цифровой зрелости с позиций пациентоориентированности соответствующих технологических решений и создаваемой на их основе системы медицинских услуг [15; 16].

В последние годы происходит стремительное развитие искусственного интеллекта (ИИ) — относительно нового поколения технологических решений для автоматизации процессов и отдельных задач в разных отраслях. В сфере здравоохранения технологии искусственного интеллекта (ТИИ) проходят этап активного научного изучения. В арсенале современного врача появляется все больше медицинских изделий на их основе. Активно формируется рынок соответствующего программного обеспечения (ПО).

Темпы развития медицинских ТИИ требуют создания новых специальных подходов к оценке их применимости, качества и результативности [17]. Вместе с тем только некоторые существующие инструменты оценки цифровой зрелости включают аспекты автоматизации (исключительно как компонент, по принципу «есть/нет» применение ТИИ). Такая ситуация затрудняет принятие управленческих решений, делает их «непрозрачными» из-за отсутствия объективных критериев для сравнения медицинских изделий на основе ТИИ.

В связи с этим нами была определена **цель исследования** — разработать и апробировать методологию оценки зрелости ПО на основе ТИИ для сферы здравоохранения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн: исследование со смешанными методами, состоящее из качественного и количественного этапов с равными статусами [18].

Качественный этап исследования включал разработку матрицы зрелости ПО на основе ТИИ для сферы здравоохранения с учетом литературных данных (теоретический компонент) и собственного практического опыта (эмпирический

компонент). Используются аналитические методы научного познания: анализ, индукция, синтез. Количественный этап исследования включал определение уровня зрелости ПО на основе ТИИ, принимающего участие в научном «Эксперименте по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы» (далее — Московском Эксперименте). Используются методы описательной статистики.

Данные для исследования получены в ходе Московского Эксперимента в период с 2021 по 2022 гг. [19]. Эксперимент проводится в соответствии с Постановлением Правительства Москвы [20]. В указанный период времени в Московском Эксперименте приняло участие 14 компаний-разработчиков, представивших для участия 35 отдельных программных продуктов (сервисов на основе ИИ, далее — ИИ-сервисов). По специально разработанной нами процедуре и методологии ИИ-сервисы проходили этапное тестирование, интегрировались с ЕРИС ЕМИАС (Единый радиологический информационный сервис Единая медицинская информационно-аналитическая система) и начинали работать с потоком результатов лучевых исследований. Выполнялся автоматизированный анализ результатов по направлениям: компьютерная томография и/или низкодозная компьютерная томография органов грудной клетки с целью диагностики злокачественных новообразований легких (условное обозначение: ИИ1(КТ)-ИИ4(КТ)), изменений в легких при COVID-19 (ИИ1-ИИ7), компрессионных переломов тел позвонков (ИИ_ost_1, ИИ_ost_2), ишемической болезни сердца (коронарный кальций, паракардиальный жир) (ИИ_calc, ИИ_agat), аневризмы грудного отдела аорты с определением диаметра грудной аорты (ИИ_aort_1, ИИ_aort_2) расширения легочного ствола с определением диаметра легочного ствола (ИИ_trun_1, ИИ_trun_2), свободной жидкости (выпота) в плевральных полостях (ИИ_effus_1, ИИ_effus_2); компьютерная томография головного мозга для диагностики ишемического инсульта и внутричерепных кровоизлияний (ИИ_brain); компьютерная томография органов брюшной полости с целью диагностики компрессионных переломов тел

позвонков (ИИ_ost_abd), аневризмы брюшного отдела аорты с определением диаметра брюшной аорты (ИИ_aort_abd); маммография с целью диагностики рака молочной железы (ИИ1(ММГ) и ИИ2(ММГ)); рентгенография органов грудной клетки с целью диагностики различных патологий (ИИ1(РГ) — ИИ6(РГ)); флюорография легких с целью диагностики различных патологий (ИИ1(ФЛГ) — ИИ3(ФЛГ)).

В ходе анализа каждый ИИ-сервис должен решить три функциональные задачи: 1) сортировка результатов исследований в рабочем списке; 2) маркировка патологических находок на изображениях; 3) подготовка шаблона описания. Требования к структуре и содержанию результатов анализа содержатся в специально разработанных документах — базовых функциональных и диагностических требованиях. Результаты работы ИИ-сервисов становятся доступными на автоматизированных рабочих местах врачей-рентгенологов и представляют собой серию изображений с маркировкой и/или температурной картой, локализирующей находку, и текстовую информацию в виде краткого руководства пользователя, заключения и детализации по находкам. Врач использует или не использует результаты работы ИИ-сервисов по своему усмотрению, в том числе исходя из клинической ситуации. На этапе эксплуатации ИИ-сервисы подвергаются технологическому и клиническому мониторингу с целью контроля качества. Соответствующие оригинальные методологии были также разработаны нами [19]; часть из них вошла в состав национальных стандартов РФ по применению систем ИИ в медицине [21].

На момент подготовки данной статьи ИИ-сервисами в рамках Московского Эксперимента проанализированы результаты более 6 млн. лучевых исследований. 22 программных продукта получили статус медицинского изделия. Актуальная информация представлена на официальном сайте Московского Эксперимента — www.mosmed.ai.

В ходе мониторинга работы ИИ-сервисов определяются следующие параметры: процент технологических дефектов (несоответствия требованиям [22] к результатам работы ИИ-сервиса, которые приводят к потере клинической и диагностической ценности применения ИИ для анализа медицинских изображений),

проспективный ROCAUC (диагностическая точность по результатам проспективного сравнения заключения ИИ-сервиса с текстами протоколов-заключений врачей-рентгенологов согласно базовым диагностическим требованиям) и экспертная клиническая оценка (ручной просмотр ограниченного числа исследований с целью оценки правильности с диагностической точки зрения текстового заключения от ИИ, а также корректность локализации обнаруженных патологических находок ИИ-сервисом). Эти объективные, измеримые параметры были использованы нами в качестве базовых для создания матрицы зрелости.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для создания инструмента оценки зрелости ПО на основе ТИИ для здравоохранения была построена «матрица зрелости». В основу матрицы положены два параметра, отражающие успешность эксплуатации ИИ-сервисов: качество (совокупность свойств, существенных для использования по назначению) и эффективность (степень соответствия результатов работы, характеризующая приспособленность к достижению цели).

Для качественной составляющей матрицы была использована четырехпольная таблица в координатных осях (Рис. 1), где:

- Ось OX — процент технологических дефектов;
- Ось OY — единица минус проспективный ROCAUC;

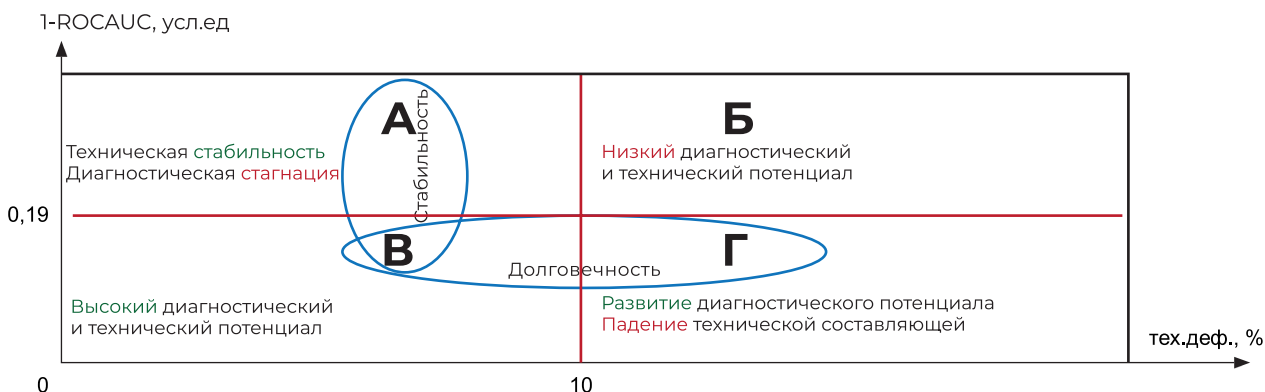


Рисунок 1 — Качественная составляющая матрицы. По горизонтальной оси — процент технологических дефектов; красная черта соответствует пороговому значению в 10%. По вертикальной оси — величина, обратная значению проспективного AUC; красная черта соответствует пороговому значению в 0,19. А, Б, В, Г — наименование зон развития ИИ-Сервиса, подробное пояснение в тексте.

- Граница «0,19» — горизонтальная линия с граничным значением для клинической значимости параметра «1 — ROCAUC» в соответствии с методическими рекомендациями [23], равное «1-0,81»;

- Граница «10» — вертикальная линия на уровне отметки в 10% технологических дефектов, в соответствии с Приказом [22].

Физический смысл матрицы зрелости ИИ-Сервиса заключается в выделении четырех категорий:

- зона «А», в которой ИИ-сервис достигает технической стабильности, но не развивает и не улучшает свою диагностическую составляющую;
- зона «Б», в которой ИИ-сервис не обладает на должном уровне техническим и диагностическим свойствами для осуществления качественной работы;
- зона «В», в которой ИИ-сервис обладает на должном уровне техническим и диагностическим свойствами для осуществления качественной работы;
- зона «Г», в которой ИИ-сервис развивает и улучшает свою диагностическую составляющую, но, как следствие, теряет свою техническую стабильность.

Качественная составляющая матрицы включает в себя два критерия:

- Стабильность — свойство ИИ-сервиса непрерывно сохранять свое качество при заданных воздействиях, характеризуется высоким техническим потенциалом (зоны А, В);

- Долговечность — свойство ИИ-сервиса сохранять свое качество при заданных воздействиях и условия восстановления свойств, характеризуется высоким диагностическим потенциалом (зоны В, Г).

Для эффективной составляющей матрицы была использована пузырьковая диаграмма (табл. 1), где:

- Диаметр пузырька — клиническая оценка работы ИИ-сервиса;
 - Орбита пузырька — разброс данных относительно среднего числа по клинической оценке.
- Эффективная составляющая матрицы включает в себя два критерия:
- Пригодность — соответствие ИИ-сервиса определенным клиничко-диагностическим требованиям (диаметр).

- Оптимальность — сбалансированная характеристика клиничко-диагностического параметра (орбита).

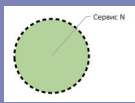
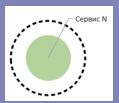
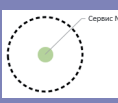
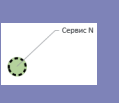
В зависимости от значений параметров возможны следующие варианты, которые представлены в таблице 1.

Матрица зрелости показывает клиническое качество результатов работы ИИ-сервисов в зависимости от клинической значимости и технологических дефектов (Рис. 2–5).

Матрица зрелости по сути является способом визуализации текущего положения ИИ-сервиса и может быть в перспективе использована для оценки развития (доработки) ИИ-сервиса.

Согласно предложенной матрице, наиболее зрелыми являются для компьютерной томографии COVID-19 ИИ-сервисы: ИИ 3, ИИ 2;

Таблица 1 — Варианты эффективной составляющей матрицы

Результат работы ИИ				
Варианты эффективной составляющей	Пригодный и оптимальный результат	Пригодный и неоптимальный результат	Непригодный и неоптимальный результат	Непригодный и оптимальный результат

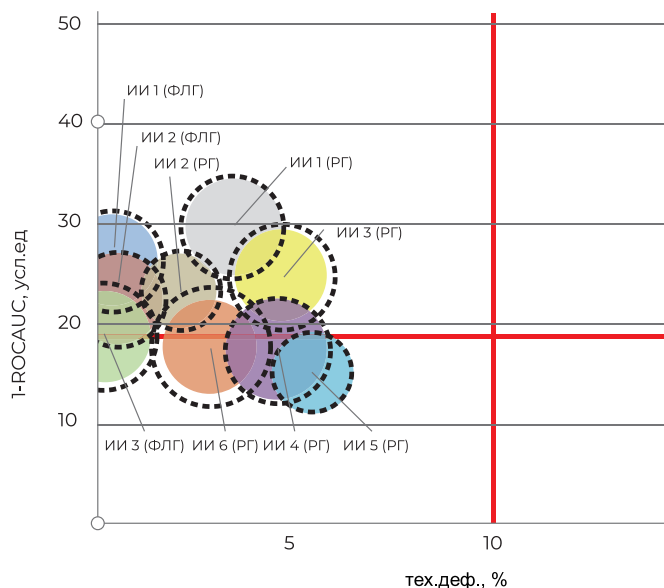


Рисунок 2 — Матрица по направлению рентгенография (РГ) органов грудной клетки, включая флюорографию (ФЛГ), ИИ (ФЛГ) — сервис на основе ТИИ по модальности флюорография, ИИ (РГ) — сервис на основе ТИИ по модальности рентгенография. По горизонтальной оси — процент технологических дефектов (тех.деф.,%); по вертикальной оси — величина «1-ROCAUC».

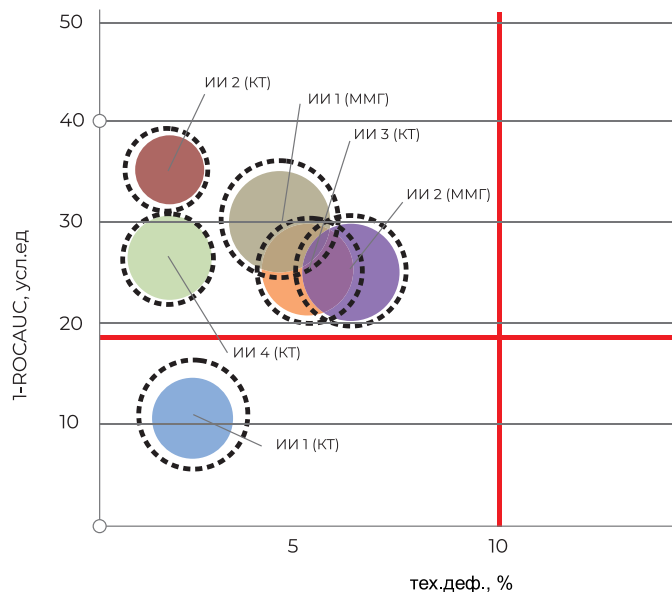


Рисунок 3. — Матрица по направлению компьютерная томография органов грудной клетки, целевая патология — рак лёгкого и маммография, целевая патология рак молочной железы. По горизонтальной оси — процент технологических дефектов (тех.деф.,%); по вертикальной оси — величина «1-ROCAUC».

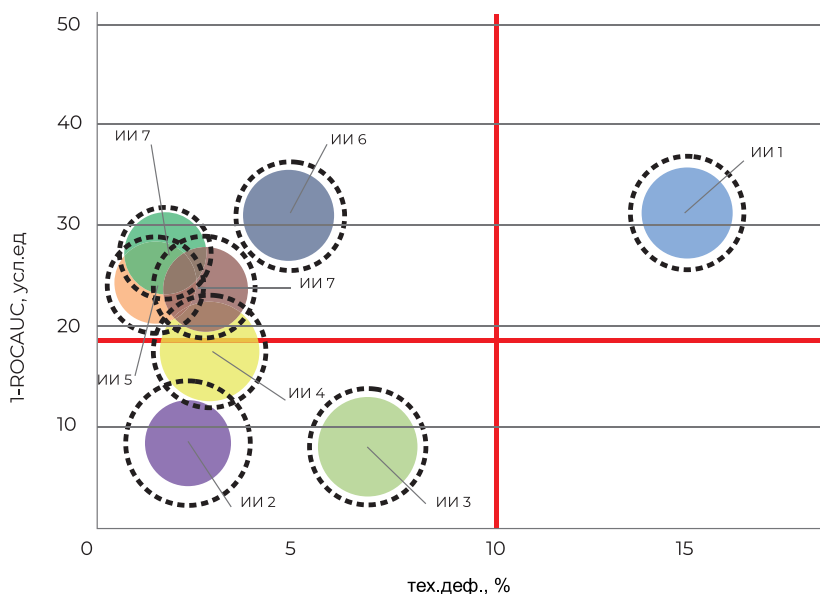


Рисунок 4 — Матрица по направлению компьютерная томография органов грудной клетки, целевая патология COVID-19. По горизонтальной оси — процент технологических дефектов (тех.деф.,%); по вертикальной оси — величина «1-ROCAUC».

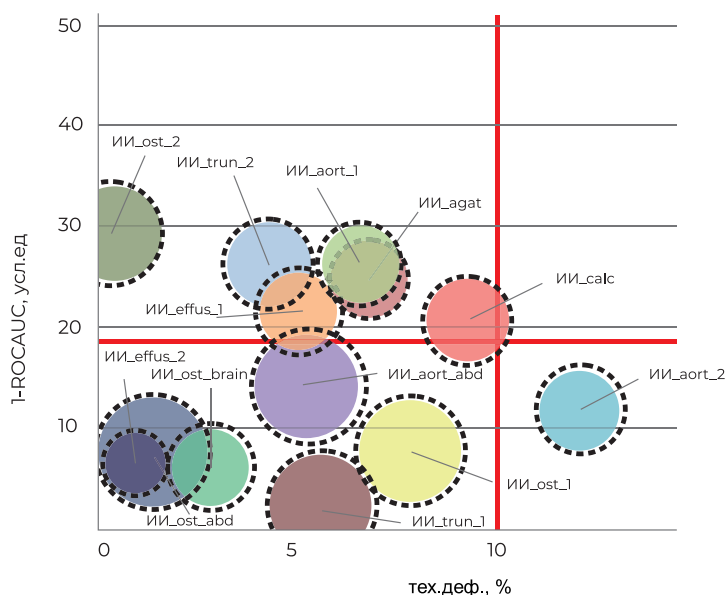


Рисунок 5 — Матрица по направлению компьютерная томография органов грудной клетки, брюшной полости и головного мозга. По горизонтальной оси — процент технологических дефектов (тех.деф.,%); по вертикальной оси — величина «I-ROCAUC».

для рентгенографии органов грудной клетки ИИ 6 (РГ), ИИ 5 (РГ), ИИ 4 (РГ) и ИИ 3 (ФЛГ); по другим направлениям компьютерной томографии ИИ_brain, ИИ_effus_2 и ИИ_aort_abd. Примечательно, что по модальности ММГ оба ИИ-сервиса показали удовлетворительные показатели технологической стабильности, но низкие метрики клинического качества работы.

Рентгенография органов грудной клетки: 3 ИИ-сервиса из 6 (50%) достигли своей зрелости и имеют показатели технологических дефектов ниже 10% и клиническую оценку более 0,81. 50% достигли технической стабильности и стремятся к своей клинической зрелости.

Флюорография легких: 1 ИИ-сервис из 3 (33%) достиг своей зрелости и имеет показатели технологических дефектов ниже 10% и клиническую оценку более 0,81. 66% достигли технической стабильности и стремятся к своей клинической зрелости.

Компьютерная томография органов грудной клетки с целью диагностики злокачественных новообразований легких: 1 ИИ-сервис из 4 (25%) достиг своей зрелости и имеет показатели технологических дефектов ниже 10% и клиническую

оценку более 0,81. 75% достигли технической стабильности и стремятся к своей клинической зрелости.

Компьютерная томография органов грудной клетки с целью диагностики COVID-19: 3 ИИ-сервиса из 8 (38%) достигли своей зрелости и имеют показатели технологических дефектов ниже 10% и клиническую оценку более 0,81. 50% достигли технической стабильности и стремятся к своей клинической зрелости. А также один ИИ-сервис успешно прошел входные тестирования, но при потоковой обработке исследований показал низкий уровень тех стабильности и клинической значимости (на момент написания статьи ИИ-сервис находился на доработке).

Маммография с целью диагностики рака молочной железы: 100% (2 из 2) достигли технической стабильности и стремятся к своей клинической зрелости.

Компьютерная томография органов грудной клетки/ брюшной полости: 6 ИИ-сервисов из 12 (50%) достигли своей зрелости и имеют показатели технологических дефектов ниже 10% и клиническую оценку более 0,81. 40% достигли технической стабильности и стремятся к своей

клинической зрелости. Также один ИИ-сервис при потоковой обработке исследований повысил клиническую значимость, но при осуществлении доработок потерял техническую стабильность.

Наряду с этим нельзя говорить об абсолютной зрелости ИИ-сервисов, т.к. полноценное, стабильное, точное и безошибочное его применение в рутинной практике врачей-рентгенологов требует стремления ИИ-сервиса в точку, соответствующую нулевому проценту технологических дефектов, а также к максимальной клинической оценке в 100%.

40% ИИ-сервисов достигли своей зрелости (14 из 35) по всем направлениям, что говорит о низком качестве предоставляемых решений. Для понимания ситуации и причин было

предложено использовать динамический показатель изменения параметров ИИ-сервисов.

В связи с тем, что ТИИ представляют собой достаточно динамично развивающиеся продукты, вызывает интерес оценка зрелости не только статичная, в данный момент времени, но и в динамике. Поэтому нами дополнительно разработана методика оценки клинико-технической трансформации зрелости ПО на основе ТИИ для здравоохранения.

Методика оценки клинико-технической трансформации заключается в отслеживании нахождения ИИ-сервиса в полях матрицы зрелости (см. выше) с учетом времени. На рисунках 6–9 приведены примеры развития ИИ-сервисов. Из 35 ранее проанализированных ИИ-сервисов было отобрано 24, которые имели минимум

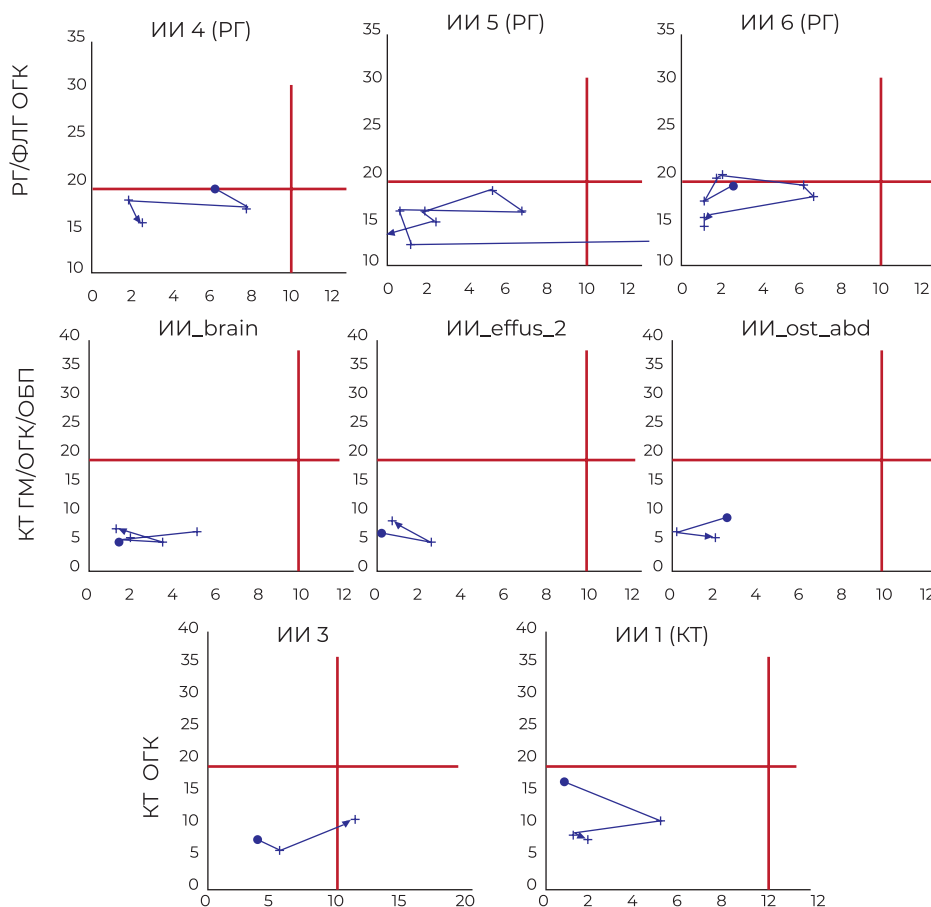


Рисунок 6 — Трансформация ИИ-сервисов, которые находятся в зоне высокого диагностического и технического потенциала.

3 точки для оценки динамики развития. Точкой на рисунке отмечено начало работы/аналитики ИИ-сервиса, стрелкой — завершение. Каждый крестик на прямой — это ежемесячная оценка ИИ-сервиса с учетом технической и клинической составляющей. Методика предоставления результата работы ИИ-сервиса в динамике

позволяет оценить тренд продукта ТИИ в целом, позволяет судить о направленности компаний-разработчиков на совершенствование ИИ-сервиса или наоборот. В качестве дополнительного примера на рисунке 9 приведен ИИ-сервис, для которого при развитии диагностического потенциала упала техническая составляющая.

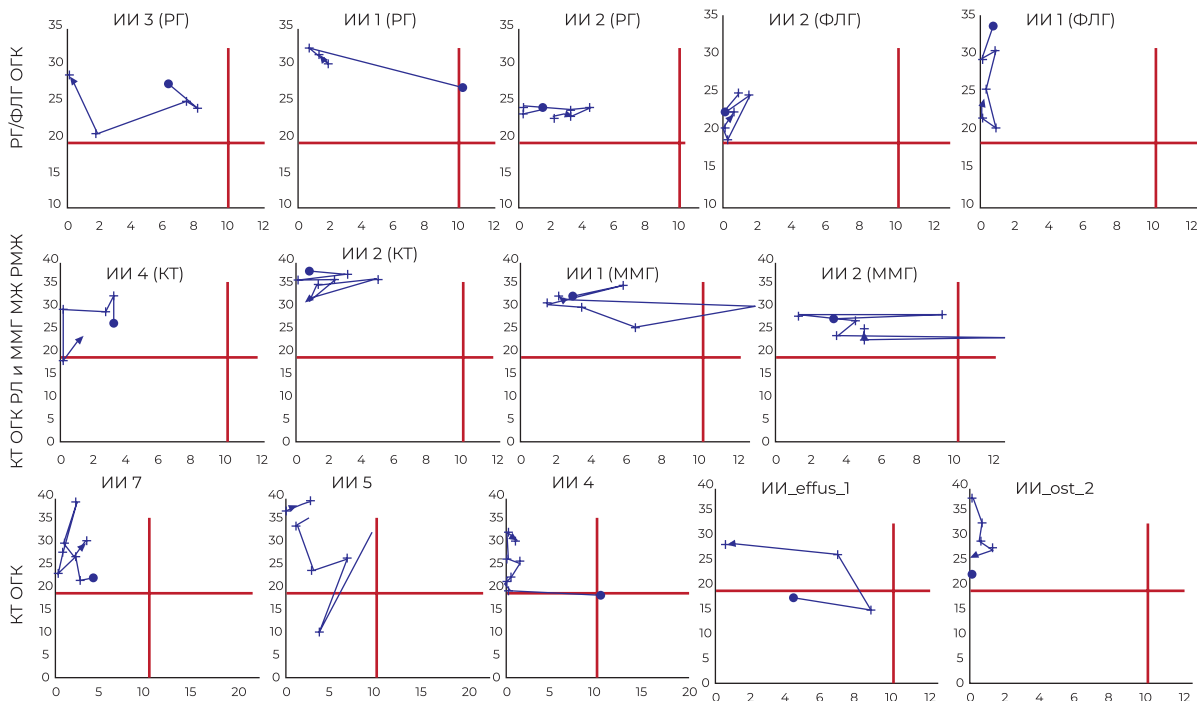


Рисунок 7 — Трансформация по направлению РГ/ФЛГ ОГК: находятся в зоне диагностической стагнации.

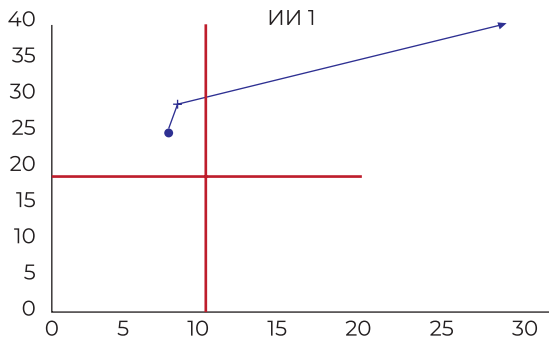


Рисунок 8 — Трансформация по направлению КТ ОГК COVID-19: находятся в зоне низкого диагностического и технического потенциала.

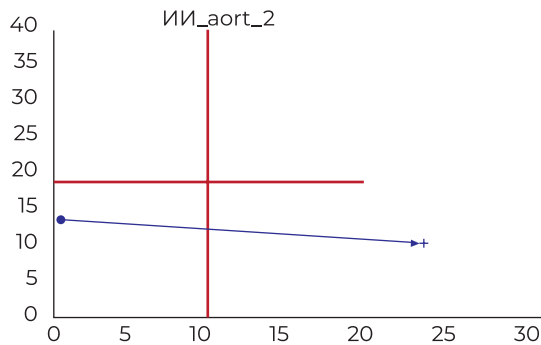


Рисунок 9 — Трансформация по другим направлениям КТ: при развитии диагностического потенциала упала техническая составляющая.

Оригинальная методика оценки клинико-технической трансформации применена для анализа зрелости ИИ-сервисов — участников Московского Эксперимента за 2022 год.

Согласно предложенной оценке трансформации присутствуют наиболее зрелые ИИ-сервисы в следующих направлениях: рентгенография патологии органов грудной клетки, компьютерная томография органов грудной клетки с целью диагностики COVID-19, компьютерная томография патологии органов брюшной полости, компьютерная томография патологии головного мозга.

Данная методика показывает, что для одного ИИ-сервиса (4%) при развитии диагностического потенциала упала техническая составляющая, один ИИ-сервис (4%) находятся в зоне низкого диагностического и технического потенциала; 15 ИИ-сервисов (62%) находятся в зоне диагностической стагнации; 8 ИИ-сервисов (33%) находятся в зоне высокого диагностического и технического потенциала.

Результаты работы ИИ-сервисов в ходе Московского Эксперимента указывают на возможность их применения в системе здравоохранения. По всем направлениям Эксперимента отмечается положительная динамика в части повышения технологической стабильности работы ИИ-сервисов. У отдельных направлений прослеживается положительная динамика клинической точности, но всё же требует дополнительной проработки ИИ-сервисов с целью повышения диагностического качества.

Положительная динамика в виде повышения диагностической точности в ходе проспективной работы ИИ-сервисов отмечается по всем существующим направлениям Эксперимента.

ОБСУЖДЕНИЕ

Разработка методик оценки зрелости ТИИ (для разных сфер и отраслей деятельности — ритейла, промышленности, транспорта) — это актуальная научно-практическая задача, что подтверждается количеством публикаций и материалами актуального систематического обзора [24]. Предложены различные подходы и инструменты оценки зрелости, впрочем, преимущественно сфокусированные на аспектах менеджмента, разработки, бизнес-стратегии, кадрового обеспечения, реже — качестве данных и самих алгоритмов [25–28].

На наш взгляд, имеет место выраженное смещение акцентов на оценку зрелости самой компании-разработчика, нежели на анализ качества и значимости продукта.

Как следует из данных систематического обзора только 46% исследований посвящены моделям оценки зрелости ИИ для конкретных отраслей [24]. На этом фоне ничтожно малое количество исследований посвящены проблематике зрелости ТИИ именно для сферы здравоохранения. Весьма общие положения изложены только в отношении области фармакологии (разработка новых лекарственных средств с применением ТИИ) [29; 30].

Предложенная нами матрица зрелости ИИ-сервисов представляет собой уникальное решение: за основу методологии положены не характеристики компании или процессы разработки, а качество и стабильность алгоритмов в условиях промышленной эксплуатации в рамках информационной системы в сфере здравоохранения. Для определения параметров качества и стабильности применяются специально разработанные методологии, учитывающие задачи и специфику автоматизации решения медицинских задач. Таким образом, нами предложен принципиально новый подход к оценке зрелости ТИИ в сфере здравоохранения.

В глобальной перспективе применимость и качество ТИИ в рентгенологии и радиологии изучены крайне поверхностно. Как следует из обзора клинических исследований существует значительное количество программных решений на основе ИИ для данной сферы медицины; все они имеют «широкий спектр зрелости и клинического использования». Однако существует большой пробел в изучении фактической эффективности инструментов ИИ в клинической практике [31]. По данным систематического обзора 535 статей установлено, что среднее количество пациентов, включаемых в исследования ТИИ в лучевой диагностике, составляет 460 [32]. На этом фоне Московский Эксперимент представляет собой крупнейшее в мире проспективное научное исследование применимости и результативности ТИИ в лучевой диагностике. Число участвующих ИИ-сервисов (65) и количество проанализированных исследований (7,8 млн.) значительно превосходят опубликованные результаты иных авторов [33–35].

Колоссальный объем первичных данных дает нам фундаментальную основу для теоретической и эмпирической разработки принципов, подходов, концепций, конкретных методологий. К таковой и относится матрица зрелости ИИ-сервисов.

В «медицинских» научных публикациях, как правило, исследуется точность, реже — результативность работы одного алгоритма. При этом стандартно проводится сравнение с аналогичными продуктами (чаще с литературными данными). В более «технических» статьях сопоставляется диагностическая точность нескольких вариантов алгоритмов и их комбинаций [36; 37]. Нами впервые проведен сопоставительный анализ качества и стабильности работы 35 независимых программных решений на основе ТИИ. Благодаря чему получены уникальные знания о применимости ПО на основе ИИ в лучевой диагностике.

Существует множество статей о результатах применения ИИ в лучевой диагностике, однако абсолютное большинство из них составляют ретроспективные когортные исследования (98%). Только в 14% исследований проводилась внешняя валидация. Из этого следует, что 86% публикаций о результативности ИИ в лучевой диагностике имеют высокий риск систематической ошибки. Необходимость внешней независимой валидации точности и качества ТИИ для здравоохранения утверждалась многим авторами. Цитируемый систематический обзор доказывает эту необходимость объективно: по итогам независимого тестирования метрики точности алгоритмов снижаются в среднем на 6% от заявленных разработчиками (диапазон снижения составляет 4–44%) [32].

В условиях Московского Эксперимента проводится внешняя независимая валидация ИИ-сервисов, результаты которой полностью подтверждают приведенные выше утверждения. Самооценка разработчиков часто носит завышенный, ярко выраженный рекламный характер, она явно требует той самой независимой внешней валидации [38–40].

Попытка же рейтингования или оценки зрелости ТИИ на основе коммерческих составляющих (уровня общественного резонанса, объема инвестиций и т.д.) [41] вообще недопустима для сферы здравоохранения, где на кону находятся безопасность и состояние здоровья человека.

Дополнительно подчеркнем, что дизайн Московского Эксперимента носит проспективный характер, который качественным образом отличает его от 98% иных исследований применимости ИИ в лучевой диагностике и позволяет получить уникальные объективные данные о точности ТИИ.

ВЫВОДЫ

На основе объективных результатов о работоспособности и качестве 35 ИИ-сервисов разработана методология оценки зрелости ТИИ для здравоохранения. Методология включает матрицу зрелости и метод оценки клинично-технической трансформации зрелости, что позволяет проводить оценку как дискретно (одномоментно), так и в динамике. Применение разработанной нами модели на практике демонстрирует достижение высокой степени зрелости для четверти из проанализированных решений на основе ТИИ (9 из 35), участвующих в Московском Эксперименте. Эти данные указывают на необходимость дальнейшего совершенствования ТИИ для лучевой диагностики.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Пугачев П.С., Гусев А.В., Кобякова О.С., Кадыров Ф.Н., Гаврилов Д.В., Новицкий Р.Э., Владимирский А.В. Мировые тренды цифровой трансформации отрасли здравоохранения // Национальное здравоохранение. — 2021. — Т.2. — №2. — С.5-12. [Pugachev PS, Gusev AV, Kobjakova OS, Kadyrov FN, Gavrillov DV, Novickij Rje, Vladzimirskij AV. Global trends in the digital transformation of the healthcare industry. National Healthcare. 2021; 2(2): 5-12. (In Russ.)]
2. Лисицкий Н.Н., Антохин Ю.Н. Управление цифровым развитием организационной системы российского здравоохранения: национальная и глобальная повестка // Экономика. Право. Инновации. — 2021. — №4. — С.49-54. [Lisickij NN, Antohin JuN. Management of the digital development of the Russian healthcare organizational system: national and global agenda. Economy. Right. Innovation. 2021; 4: 49-54. (In Russ.)]
3. Гусев А.В., Владимирский А.В., Голубев Н.А., Зарубина Т.В. Информатизация здравоохранения Российской Федерации: история и результаты развития // Национальное здравоохранение. —

2021. — Т.2. — №3. — С.5-17.[Gusev AV, Vladzimirskij AV, Golubev NA, Zarubina TV. Informatization of healthcare in the Russian Federation: history and results of development. National Health. 2021; 2(3): 5-17. (In Russ.)]
4. Iyamu I, Xu АХТ, Gómez-Ramírez O, Ablona A, Chang HJ, Mckee G, Gilbert M. Defining Digital Public Health and the Role of Digitization, Digitalization, and Digital Transformation: Scoping Review. JMIR Public Health Surveill. 2021; 7(11): e30399. doi: 10.2196/30399.
 5. Орлов Г.М., Левин М.Б. Методологические подходы к разработке эталонных моделей государственных информационных систем в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации // Информационные ресурсы России. — 2021. — №2. — С.20-27. [Orlov GM, Levin MB. Methodological approaches to the development of reference models of state information systems in the field of health care of the constituent entities of the Russian Federation. Information resources of Russia. 2021; 2(180): 20-27. (In Russ.)]
 6. Cresswell K, Sheikh A, Krasuska M, Heeney C, Franklin BD, Lane W, Mozaffar H, Mason K, Eason S, Hinder S, Potts HWW, Williams R. Reconceptualising the digital maturity of health systems. Lancet Digit Health. 2019; 1(5): e200-e201. doi: 10.1016/S2589-7500(19)30083-4.
 7. Kouroubali A, Papastilianou A, Katehakis DG. Preliminary Assessment of the Interoperability Maturity of Healthcare Digital Services vs Public Services of Other Sectors. Stud Health Technol Inform. 2019; 264: 654-658. doi: 10.3233/SHT1190304.
 8. Liaw ST, Zhou R, Ansari S, Gao J. A digital health profile & maturity assessment toolkit: cocreation and testing in the Pacific Islands. J Am Med Inform Assoc. 2021; 28(3): 494-503. doi: 10.1093/jamia/ocaa255.
 9. Duncan R, Eden R, Woods L, Wong I, Sullivan C. Synthesizing Dimensions of Digital Maturity in Hospitals: Systematic Review. J Med Internet Res. 2022; 24(3): e32994. doi: 10.2196/32994.
 10. Woods L, Eden R, Pearce A, Wong YCI, Jayan L, Green D, McNeil K, Sullivan C. Evaluating Digital Health Capability at Scale Using the Digital Health Indicator. Appl Clin Inform. 2022; 13(5): 991-1001. doi: 10.1055/s-0042-1757554.
 11. Орлов Г.М. Метод измерения цифровой зрелости региональной системы записи к врачу на основе эталонной сервисной модели. International Journal of Open Information Technologies. — 2020. — Т.8. — №11. — С. 110-121. [Orlov GM. A method for measuring the digital maturity of a regional appointment system based on a reference service model. International Journal of Open Information Technologies. 2020; 8(11): 110-121. (In Russ.)]
 12. Шулькин И.М., Владимирский А.В. Управление на основе данных в лучевой диагностике: оценка результативности модели Единого радиологического информационного сервиса // Менеджер здравоохранения. — 2022. — №7. — С.68-80. [Shul'kin IM, Vladzimirskij AV. Data-driven management in radiology: assessment of the effectiveness of the Unified Radiological Information Service model. Health manager. 2022; 7: 68-80. (In Russ.)]
 13. Studzinski J. Evaluating the maturity of IT-supported clinical imaging and diagnosis using the Digital Imaging Adoption Model : Are your clinical imaging processes ready for the digital era? Radiologe. 2017; 57(6): 466-469. doi: 10.1007/s00117-017-0253-8.
 14. Морозов С.П., Владимирский А.В., Сафронов Д.С. Бенчмаркинг для оценки качества цифровизации отделений лучевой диагностики: разработка методологии // Врач и информационные технологии. — 2019. — №1. — С.40-45. [Morozov SP, Vladzimirskij AV, Safronov DS. Benchmarking for assessing the quality of digitization of radiology departments: methodology development Physician and information technology. 2019; 1: 40-45. (In Russ.)]
 15. Flott K, Callahan R, Darzi A, Mayer E. A Patient-Centered Framework for Evaluating Digital Maturity of Health Services: A Systematic Review. J Med Internet Res. 2016; 18(4): e75. doi: 10.2196/jmir.5047.
 16. Khanbhai M, Flott K, Darzi A, Mayer E. Evaluating Digital Maturity and Patient Acceptability of Real-Time Patient Experience Feedback Systems: Systematic Review. J Med Internet Res. 2019; 21(1): e9076. doi: 10.2196/jmir.9076.
 17. Гусев А.В., Астапенко Е.М., Иванов И.В., Зарубина Т.В., Кобринский Б.А. Принципы формирования доверия к системам искусственного интеллекта для сферы здравоохранения // Вестник Росздравнадзора. — 2022. — №2. — С.25-33.[Gusev AV, Astapenko EM, Ivanov IV, Zarubina TV,

- Kobrinskij BA. Principles of building trust in artificial intelligence systems for healthcare. *Bulletin of Roszdravnadzor*. 2022; 2: 25-33. (In Russ.)]
18. Schoonenboom J, Johnson RB. How to Construct a Mixed Methods Research Design. *Kolner Z Soz Sozpsychol*. 2017; 69(2): 107-131. doi:10.1007/s11577-017-0454-1.
 19. Компьютерное зрение в лучевой диагностике: первый этап Московского эксперимента: монография / Под ред. Ю.А. Васильева, А.В. Владимировского. — М. Ридеро, 2022. — 388 с. [Computer vision in radiology: the first stage of the Moscow experiment: monograph. Y.A. Vasilyev, A.V. Vladimirovsky, editors. 2022. 388p (In Russ.)]
 20. Постановление Правительства Москвы от 21.11.2019 №1543-ПП (в ред. от 22.02.2022 №225-ПП). [Decree of the Government of Moscow 21.11.2019 г. № 1543-ПП (Ed. 22.02.2022 №225-ПП) (In Russ.)]
 21. Морозов С.П., Владимировский А.В., Шарова Д.Е., Ахмад Е.С., Зинченко В.В. Первые национальные стандарты Российской Федерации на системы искусственного интеллекта в медицине // Менеджмент качества в медицине. — 2022. — №1. — С.58-62. [Morozov SP, Vladymyrskyy AV, Sharova DE, Akhmad ES, Zinchenko VV. The first russian federation national standards for artificial intelligence systems in medicine. *Quality management in medicine*. 2022; 1: 58-62(In Russ.)]
 22. Приказ Департамента здравоохранения города Москвы от 24.02.2022 №160 «Об утверждении Порядка и условий проведения эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы». [Order of the Moscow Department of Health of 24.02.2022 №160 «On approval of the Procedure and conditions for conducting an experiment on the use of innovative technologies in the field of computer vision for the analysis of medical images and further application in the healthcare system of the city of Moscow». (In Russ.)]
 23. Морозов С.П., Владимировский А.В., Кляшторный В.Г. и др. Клинические испытания программного обеспечения на основе интеллектуальных технологий (лучевая диагностика). — Москва: Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, 2019. [Morozov SP, Vladimirovskij AV, Kljashtornyj VG, et all. Clinical trials of software based on intelligent technologies (radiation diagnostics). Moscow: Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow City Health Department, 2019. (In Russ.)]
 24. Sadiq RB, Safie N, Abd Rahman AH, Goudarzi S. Artificial intelligence maturity model: a systematic literature review. *PeerJ Comput Sci*. 2021; 7: e661. doi: 10.7717/peerj-cs.661.
 25. Coates DL, Martin A. An instrument to evaluate the maturity of bias governance capability in artificial intelligence projects. *IBM Journal of Research and Development*. 2019; 4(5): 1-7; 15. doi: 10.1147/JRD.2019.2915062.
 26. Kreutzer RT, Sirrenberg M. AI challenge — how artificial intelligence can be anchored in a company. *Understanding Artificial Intelligence 2020*; Cham: Springer; 2020: 235-273.
 27. Lichtenthaler U. Five maturity levels of managing AI: from isolated ignorance to integrated intelligence. *Journal of Innovation Management*. 2020; 8(1): 39-50. doi: 10.24840/2183-0606_008.001_0005.
 28. Ellefsen APT, Oleśków-Szłapka J, Pawłowski G, Tobała A. Striving for excellence in AI implementation: AI maturity model framework and preliminary research results. *LogForum*. 2019; 15: 363-376.
 29. Tu H, Lin Z, Lee K. Automation With Intelligence in Drug Research. *Clin Ther*. 2019; 41(11): 2436-2444. doi: 10.1016/j.clinthera.2019.09.002.
 30. Lamberti MJ, Wilkinson M, Donzanti BA, Wohlhieter GE, Parikh S, Wilkins RG, Getz K. A Study on the Application and Use of Artificial Intelligence to Support Drug Development. *Clin Ther*. 2019; 41(8): 1414-1426. doi: 10.1016/j.clinthera.2019.05.018.
 31. Tariq A, Purkayastha S, Padmanaban GP, Krupinski E, Trivedi H, Banerjee I, Gichoya JW. Current Clinical Applications of Artificial Intelligence in Radiology and Their Best Supporting Evidence. *J Am Coll Radiol*. 2020; 17(11): 1371-1381. doi: 10.1016/j.jacr.2020.08.018.
 32. Kelly BS, Judge C, Bollard SM, Clifford SM, Healy GM, Aziz A, Mathur P, Islam S, Yeom KW, Lawlor A, Killeen RP. Radiology artificial intelligence: a systematic review and evaluation of methods (RAISE). *Eur Radiol*. 2022 Apr 14. doi: 10.1007/s00330-022-08784-6.

33. Jin C, Chen W, Cao Y, Xu Z, Tan Z, Zhang X, Deng L, Zheng C, Zhou J, Shi H, Feng J. Development and evaluation of an artificial intelligence system for COVID-19 diagnosis. *Nat Commun.* 2020; 11(1): 5088. doi: 10.1038/s41467-020-18685-1.
34. Namiri NK, Lee J, Astuto B, Liu F, Shah R, Majumdar S, Pedoia V. Deep learning for large scale MRI-based morphological phenotyping of osteoarthritis. *Sci Rep.* 2021; 11(1): 10915. doi: 10.1038/s41598-021-90292-6.
35. Stemmer A, Shadmi R, Bregman-Amitai O, Chetrit D, Blagev D, Orlovsky M, Deutsch L, Elnekave E. Using machine learning algorithms to review computed tomography scans and assess risk for cardiovascular disease: Retrospective analysis from the National Lung Screening Trial (NLST). *PLoS One.* 2020; 15(8): e0236021. doi: 10.1371/journal.pone.0236021.
36. Kuo RYL, Harrison C, Curran TA, Jones B, Freethy A, Cussons D, Stewart M, Collins GS, Furniss D. Artificial Intelligence in Fracture Detection: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Radiology.* 2022 Jul; 304(1): 50-62. doi: 10.1148/radiol.211785.
37. Murray NM, Unberath M, Hager GD, Hui FK. Artificial intelligence to diagnose ischemic stroke and identify large vessel occlusions: a systematic review. *J Neurointerv Surg.* 2020; 12(2): 156-164. doi: 10.1136/neurintsurg-2019-015135.
38. Гаврилов П.В., Гаврилова О.П., Смольникова У.А. Выявление периферических образований в легких с использованием программы автоматизированного анализа флюорографических изображений // *Лучевая диагностика и терапия.* — 2020. — №51. — С.77. [Gavrilov PV, Gavrilova OP, Smol'nikova UA. Identification of peripheral formations in the lungs using a program for automated analysis of fluorographic images. *Radiation diagnostics and therapy.* 2020; S1: 77. (In Russ.)]
39. Дрокин И.С., Еричева Е.В., Бухвалов О.Л., Пилюс П.С., Малыгина Т.С., Синицын В.Е. Опыт разработки и внедрения системы поиска онкологических образований с помощью искусственного интеллекта на примере рентгеновской компьютерной томографии легких // *Врач и информационные технологии.* — 2019. — №3. — С.48-57. [Drokin IS, Elicheva EV, Buhvalov OL, Piljus PS, Malygina TS, Sinicyn VE. Experience in the development and implementation of a system for searching for oncological formations using artificial intelligence on the example of X-ray computed tomography of the lungs. *Physician and information technology.* 2019; 3: 48-57. (In Russ.)]
40. Павлович П.И., Броннов О.Ю., Капнинский А.А., Абович Ю.А., Рычагова Н.И. Сравнительное исследование результатов анализа данных цифровой маммографии системы на основе искусственного интеллекта «Цельс» и врачей-рентгенологов // *Digital Diagnostics.* — 2021. — Т.2. — №S2. — С.22-23. [Pavlovich PI, Bronov OYu, Kapninskij AA, Abovich JuA, Rychagova NI. Comparative study of the results of digital mammography data analysis of the system based on artificial intelligence «Celsus» and radiologists. *Digital Diagnostics.* 2021; 2(S2): 22-23. (In Russ.)]
41. Комарь П.А., Дмитриев В.С., Ледеяева А.М., Шадеркин И.А., Зеленский М.М. Рейтинг стартапов искусственного интеллекта: перспективы для здравоохранения России // *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения.* — 2021. — Т.7. — №3. — С.32-41. [Komar' PA, Dmitriev VS, Ledjaeva AM, Shaderkin IA, Zelenskij MM. Rating of artificial intelligence startups: prospects for healthcare in Russia. *Russian journal of telemedicine and e-health.* 2021; 7(3): 32-41. (In Russ.)]

