 © Авторы статьи / Authors of the article

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ, БИОИНФОРМАТИКА/MATHEMATICAL BIOLOGY, BIOINFORMATICS

DOI: https://doi.org/10.60797/jbg.2026.33.11 EDN: QKTLER

СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ КЛИНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ — ИСТОРИЯ, РАЗВИТИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Обзор

Шишин С.А.[1], Антонова Е.И.[2,] *, Фирсова Н.В.[3]
[1] ORCID : 0009-0003-4440-4218;
[2] ORCID : 0000-0002-3686-9686;
[3] ORCID : 0000-0002-9907-8857;
[1, 2, 3] Научно-исследовательский центр фундаментальных и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, Ульяновск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (antonov_67[at]mail.ru)

Предложена: 13.08.2026; Принята: 17.09.2026; Опубликована: 25.09.2026

Аннотация

В условиях глобальной цифровизации здравоохранения системы поддержки принятия клинических решений (CDSS — Clinical Decision Support Systems) приобретают ключевое значение для повышения качества и безопасности оказываемых медицинских услуг. CDSS предназначены для оказания помощи медицинским работникам в принятии решений, основанных на доказательствах, с использованием информации о пациентах, актуальных клинических данных в аспекте развития доказательной персонализированной медицины. Проведённый нами всесторонний анализ того, как развивались разработки и внедрения CDSS в систему здравоохранения, позволил нам оценить риски и преимущества существующих решений и послужит фундаментом для продолжения работы по разработке на базе нашего научно-исследовательского центра отечественной CDSS, нацеленной на выявление риска предрасположенности и ранней диагностики меланомы. Ключевая особенность нашей системы — комплексный анализ, который сочетает в себе в корреляции данные молекулярно-генетического статуса пациента, включая панели генов-маркеров детектируемые технологией xMAP (Multi-Analyte Profiling, x — множественность), морфологические характеристики новообразований по результатам гистологии (невусов и меланомы), демографические факторы (возраст, пол). На основе интегрированного анализа система будет предоставлять количественную оценку степени риска трансформации невусов в меланому и вероятности метастазирования развившихся меланом, что позволит своевременно назначать профилактические, диагностические мероприятия и эффективно в короткие сроки определиться с тактикой лечения.

Ключевые слова: компьютерная диагностика, системы поддержки принятия клинических решений, электронные медицинские карты, системы поддержки принятия клинических решений в онкологии, меланома, искусственный интеллект в медицине, машинное обучение в медицине, системы на основе знаний, экспертная оценка, цифровая медицина.

CLINICAL DECISION SUPPORT SYSTEMS — HISTORY, DEVELOPMENT AND PROSPECTS

Review article

Shishin S.A.[1], Antonova E.I.[2,] *, Firsova N.V.[3]
[1] ORCID : 0009-0003-4440-4218;
[2] ORCID : 0000-0002-3686-9686;
[3] ORCID : 0000-0002-9907-8857;
[1, 2, 3] Research Center for Fundamental and Applied Problems of Bioecology and Biotechnology Ulyanovsk State Pedagogical University named after. I.N. Ulyanova, Ulyanovsk, Russian Federation

* Corresponding author (antonov_67[at]mail.ru)

Suggested: 13.08.2026; Accepted: 17.09.2026; Published: 25.09.2026

Abstract

In the context of the global digitalisation of healthcare, Clinical Decision Support Systems (CDSS) are becoming crucial to improving the quality and safety of healthcare services. CDSS are designed to assist healthcare professionals in making evidence-based decisions, using patient information and up-to-date clinical data in the light of developments in evidence-based personalised medicine. Our comprehensive analysis of how the development and implementation of CDSS within the healthcare system have progressed has made it possible for us to evaluate the risks and benefits of existing solutions and will serve as the foundation for continuing work at our research centre to develop a domestic CDSS aimed at identifying predisposition risk and enabling the early diagnosis of melanoma. A key trait of our system is its holistic analysis, which correlates data on a patient's molecular-genetic status — including panels of marker genes detected by xMAP technology (Multi-Analyte Profiling, x denoting multiplicity), morphological specifics of neoplasms based on histological findings (of naevi and melanoma), and demographic factors (age, gender). Based on an integrated analysis, the system will provide a quantitative assessment of the risk of nevi developing into melanoma and the likelihood of metastasis in melanomas that have

 © Авторы статьи / Authors of the article

developed, thereby facilitating the timely implementation of preventive and diagnostic measures and enabling treatment strategies to be determined effectively and promptly.

Keywords: computer-aided diagnostics, clinical decision support systems, electronic health records, clinical decision-making support systems in oncology, melanoma, artificial intelligence in medicine, machine learning in medicine, knowledge-based systems, expert assessment, digital medicine.

Введение

В современных условиях цифровизации здравоохранения системы поддержки принятия клинических решений (СПКР, англ. CDSS — Clinical Decision Support Systems) становятся неотъемлемым инструментом для повышения качества и безопасности медицинской помощи. CDSS предназначены для оказания помощи медицинским работникам в принятии решений, основанных на доказательствах, с использованием информации о пациентах, актуальных клинических данных в аспекте развития доказательной персонализированной медицины [1], [2], [3], [5], [83].

Область применения CDSS охватывает широкий спектр клинических задач: от раннего выявления заболеваний и постановки диагноза до интерпретации диагностических данных, планирования схем терапии и прогнозирования терапевтического ответа, мониторинга состояния пациентов, возможности оценки эффективности лечения и прогнозирования уровня риска развития заболевания [6], [7], [8], [9], [10]. Наиболее эффективные прогностические CDSS интегрированы с электронными медицинскими картами (ЭМК / EHR), которые в цифровом виде отслеживают данные о состоянии здоровья пациентов [4].

Учитывая известную частоту диагностических ошибок, особенно на уровне оказания первичной медико-санитарной помощи есть большая надежда, что применение CDSS и AI, позволят снизить процент ошибок еще на ранней стадии развития заболеваний. В качестве примера можно привести систему сортировки и диагностики на базе AI Babylon (Великобритания) [11], [12]. При этом врачи не должны рассматривать использование CDSS и AI как противостояние, а скорее, как партнерство в выборе более оптимальной, быстрой тактики диагностики, лечении и дальнейшего сопровождения пациентов [13], [14], [15].

Концепция использования компьютеров для моделирования «разумного поведения» и «критического мышления» была впервые описана Аланом Тьюрингом в 1950 году в статье «Computing Machinery and Intelligence» [16], [17]. Шесть лет спустя Джон Маккарти ввел термин «искусственный интеллект» (AI) [18]. С появлением ML и DL, применение искусственного интеллекта в медицине (AIM) значительно расширилось, открывая возможности для развития персонализированной медицины [15], [19].

Несмотря на очевидный потенциал, в повседневной практике медицинские работники сталкиваются с рядом системных трудностей. Так, в частности для принятия решений врачи часто не осведомлены о полном клиническом анамнезе пациента (анамнез жизни или «медицинская биография» / Anamnesis vitae), результатах проведенных исследований, которые не всегда оперативно отражены в EHR, тогда как их поиск занимает время [20], [21]. Ситуация усугубляется экспоненциальным ростом объёмов медицинской информации: специалистам приходится анализировать большие объемы информации, что снижает эффективность работы и повышает риск принятия неоптимальных решений [21], [22], [23]. Разрозненность клинических данных также создает существенные барьеры в повседневной практике: врачи вынуждены тратить значительную часть рабочего времени на сбор, верификацию и интерпретацию медицинской информации. В этом контексте особую значимость приобретает концепция «умных данных» (smart data) — не просто больших массивов информации, а структурированных, релевантных и своевременно представленных знаний, готовых к использованию в клинической практике [21], [23], [24], [25], [26].

В этой связи одна из важнейших задач и назначение CDSS — принятие клинических решений на основе интеграции экспертных заключений врача с данными прогностических моделей, что позволяет повысить эффективность, обоснованность диагностики и выбора дальнейшей тактики лечения [12]. В идеале данные, необходимые для всестороннего клинического обзора, должны быть доступны в стандартизированном и чётко структурированном формате, что обеспечивает непрерывный и эффективный обмен информацией между участниками лечебного процесса и позволяет медицинским работникам без неоправданных трудностей получать и интерпретировать релевантные сведения [23]. Данная проблема приобретает особую остроту в малообъемных медицинских центрах, при ведении пациентов с редкими онкологическими заболеваниями, а также у врачей-стажеров, чьи специализированные знания могут быть недостаточными. Персональные данные о здоровье могут включать демографические данные (пол, возраст, дата рождения, семейное положение, образование), изображения (УЗИ, КТ, оцифрованные гистологические препараты и др.), результаты лабораторных и генетических исследований, а также данные с мобильных устройств и медицинских датчиков. Сбор и интеграция этих данных осуществляется через разнообразные технологические платформы: EHR, облачные серверы, мобильные приложения и интернет-платформы [27]. Но наибольшая эффективность применения CDSS достигается при их глубокой интеграции с EHR [2], [4], а также [28], [29], [30], [31].

Традиционный CDSS состоит из программного обеспечения, предназначенного для непосредственного содействия принятию клинических решений, в котором характеристики отдельного пациента сопоставляются с компьютеризированной базой клинических знаний, а затем клиницисту представляются оценки или рекомендации для конкретного пациента. CDSS сегодня в основном используются в местах оказания медицинской помощи, чтобы врач мог объединить свои знания с информацией или предложениями, предоставленными CDSS. Однако все чаще разрабатываются CDSS, способные использовать данные и наблюдения, которые были недоступны или вообще бы не интерпретировались [12].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) подсчитала, что к 2035 году глобальный дефицит медицинских работников составит около 12,9 миллионов [32]. Потенциальным решением данной проблемы является расширение использования CDSS, которые можно интегрировать в поток клинической деятельности, повышая качество и

 © Авторы статьи / Authors of the article

безопасность предоставления медицинских услуг снижая, по крайней мере теоретически, нагрузку на медицинских работников и связанные с этим затраты [9].

В рамках нашего исследования нами разрабатывается CDSS, направленная на формирование рекомендаций по выявлению предрасположенности и ранней диагностике меланомы. Своевременное и точное выявление данного заболевания имеет критическое значение для выбора оптимальной тактики лечения и эффективности долгосрочных результатов терапии. Однако в повседневной клинической практике оценка кожных образований часто сопряжена с высокой вариабельностью проявлений и необходимостью сопоставления разнородных данных. Разрабатываемая нами CDSS предназначена для систематизации доступной информации и предоставлению актуальных клинических рекомендаций. CDSS будет крайне актуальна для врачей первичного звена и для пациентов с отягощённым семейным анамнезом на этапах первичного осмотра, с позиции оценки риска развития меланомы и планирования дальнейшего сопровождения, обеспечивая более согласованный и воспроизводимый подход к ведению пациентов. Реализация такого инструмента позволит снизить влияние человеческого фактора, минимизировать время постановки диагноза. Наше исследование учитывает перспективные ключевые направления в данной области.

Во-первых, интеграция принципов персонализированной медицины позволяет адаптировать рекомендации системы под уникальные характеристики пациента — генетические профили, факторы окружающей среды и образ жизни, что способствует повышению эффективности терапии и снижению риска побочных эффектов.

Во-вторых, внедрение прогностической аналитики даёт возможность предвидеть осложнения и прогрессирование заболевания, обеспечивая основу для раннего вмешательства и профилактических мер.

В-третьих, достижения в области AIM и ML открывают новые возможности для обработки больших объёмов клинических данных, повышения точности рекомендаций и выявления скрытых закономерностей, что требует дальнейших исследований и валидации новых методологий в различных клинических контекстах.

В связи с этим целью данного обзора является всесторонняя оценка, обобщение современного состояния и характеристик CDSS за период с начала их разработок и первых попыток внедрения в клиническую практику, выявление преимуществ, ограничений и перспектив в будущем. Подобная аналитика проводится для учета как положительного опыта, так и рисков, которые будут учтены в ходе разрабатываемой нами CDSS.

1.1. Методология

Методологическая часть исследования основана на поиске и анализе публикаций в ведущих базах данных, таких как Scopus, PubMed, MEDLINE, Web of Science, Google Scholar и SpringerLink, с использованием ключевых слов: компьютерная диагностика, системы поддержки принятия клинических решений, электронные медицинские карты, системы поддержки принятия клинических решений в онкологии, меланома, искусственный интеллект в медицине, машинное обучение в медицине, системы на основе знаний, экспертная оценка, цифровая медицина с использованием комбинации поисковых запросов в свободном тексте и терминов контролируемого словаря, специфичных для каждой базы данных. Поиск был ограничен литературой, опубликованной в период с 1950-х гг. по 2026 год. Поиск в электронных базах данных дал 3268 записей. После удаления 1167 дубликатов, 2101 уникальная запись была проверена путем анализа заголовков и аннотаций. Из них 145 публикаций соответствовали критериям отбора для полнотекстового анализа.

Сокращения:

AI — искусственный интеллект;

ML — машинное обучение;

AIM — искусственный интеллект в медицине;

DL — глубокое машинное обучение;

EHR / ЭМК — электронные медицинские карты;

CDSS / СПКР — системы поддержки принятия клинических решений;

CNN — сверточные нейронные сети;

NLP — обработка естественного языка.

История развития CDSS, применения в клинической практике, риски и перспективы

CDSS значительно изменились за последние несколько десятилетий в аспекте предоставления (рис. 1) медицинским работникам необходимых инструментов для принятия обоснованных решений в области диагностики, лечения и сопровождения пациентов [33].

 © Авторы статьи / Authors of the article

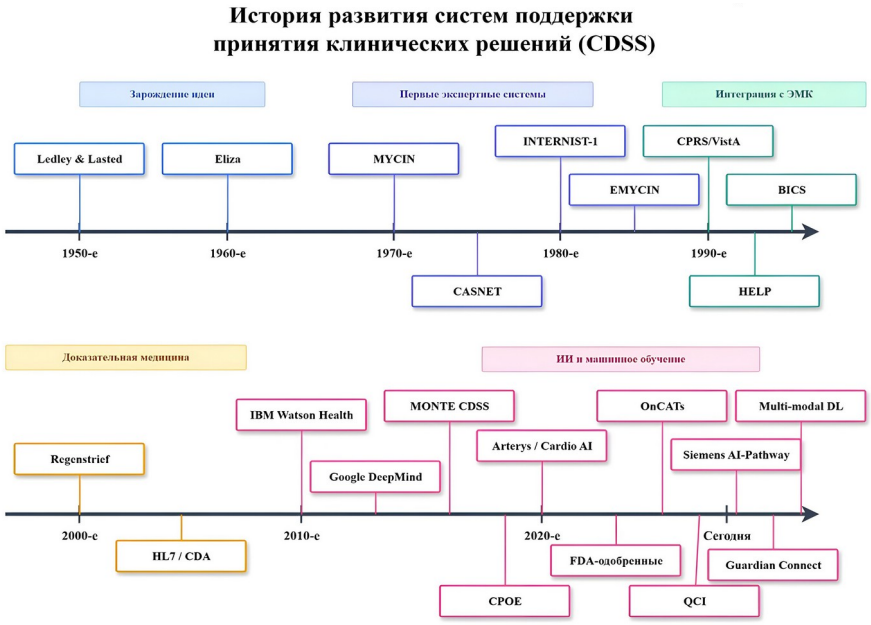

Рисунок 1 - Хронология развития разработок в области CDSS
DOI: https://doi.org/10.60797/jbg.2026.33.11.1

2.1. 1950–1960-е годы: зарождение идеи

Фундамент для разработки первых CDSS был заложен ещё на заре развития вычислительной техники. В конце 1950-х годов Р. Ледли и Л. Ластед в своей работе «Reasoning Foundations of Medical Diagnosis» впервые обосновали возможность применения компьютеров для анализа медицинских данных и помощи в постановке диагноза [34], которая во многом определила вектор развития цифровой медицины на десятилетия вперёд. Так, первыми CDSS, которые были разработаны еще в 1960 гг., представляли собой системы, которые автоматизировали процесс назначения, применения лекарственных препаратов [35]. Этот ранний период стал важным временем для оцифровки данных, которые позже послужили основой для будущего роста и использования AIM. Разработка системы анализа и поиска медицинской литературы и веб-поисковика PubMed Национальной медицинской библиотекой стала важным цифровым ресурсом в области биомедицины. Базы данных клинической информатики и системы медицинских записей также были впервые разработаны в это время и заложили основу для будущего развития AIM [36].

В период с 1950-1970-е годы первые прототипы AI были сосредоточены на разработке машин, способных формировать выводы или принимать решения, которые раньше выполнял только человек. В 1966 г. Дж. Вайценбаум представил Элизу — это компьютерная программа для изучения общения на естественном языке между человеком и машиной. Она делает возможными определенные виды естественного языкового диалога между человеком и компьютером. Программа по праву считается прямым предшественником современных «чат-ботов».

2.2. 1970–1980-е годы: первые экспертные системы

Практическая реализация идеи разработки CDSS началась в 1970-х годах с появлением экспертных систем, использующих первые алгоритмы AI. Знаковыми проектами того времени стали MYCIN (интерактивная экспертная система диагностики и лечения инфекционных заболеваний) и INTERNIST-1 (экспериментальная компьютерная система, созданная для помощи врачам в дифференциальной диагностике заболеваний). На базе данных компьютерных систем были разработаны программы для подбора оптимальной антибактериальной терапии, а также для диагностики сложных заболеваний внутренних органов. Архитектура этих программ базировалась на логических цепочках «если→то» [15], [36], [38]. Так в частности система MYCIN состоит примерно из 600 правил и может предоставить список потенциальных бактериальных патогенов, а затем рекомендовать варианты лечения антибиотиками, скорректированные с учетом массы тела пациента. MYCIN стал основой для более поздней системы, основанной на правилах EMYCIN. INTERNIST-1 был разработан с использованием той же структуры, что и EMYCIN, но с более широкой базы медицинских знаний, в помощь врачу первичной медико-санитарной помощи в области диагностики.

Одним из первых прототипов, продемонстрировавших целесообразность применения AI в медицине, стала разработка программы консультаций по глаукоме с использованием модели CASNET (Causal Associational Network), разработанная в Университете Рутгерса и официально представленная в 1976 году. Модель CASNET представляет собой причинно-следственную ассоциативную сеть, состоящую из трех отдельных программ: построение моделей, консультации и база данных, созданная и поддерживаемая сотрудниками. Эта модель может применить информацию о конкретном заболевании к отдельным пациентам и предоставить врачам советы по ведению пациентов.

Большую часть этого периода времени называют зимой AI. Многие признают две зимы: первая в конце 1970-х годов и вторая в конце 1980-х годов, продолжавшаяся до начала 1990-х годов, обусловленная чрезмерными затратами на разработку и поддержание экспертных баз цифровой информации. В этот период, сотрудничество в области искусственного интеллекта способствовало разработке С. Амарелем в 1971 году в Университете Рутгерса исследовательского ресурса по компьютерам в биомедицине. Результатом эксперимента Стэнфордского университета

 © Авторы статьи / Authors of the article

«Искусственный интеллект в медицине» в 1973 г, стала разработка компьютерной системы, которая обеспечила первое сетевое взаимодействие клинических и биомедицинских исследователей из нескольких медицинских центров [36].

2.3. 1990–2000-е годы: интеграция с электронными медицинскими картами

В начале 1990-х годов функционал CDSS в стационарах носил преимущественно локальный характер и был сосредоточен в учреждениях, которые самостоятельно разрабатывали внутрибольничные информационные платформы. Среди наиболее значимых внутриведомственных проектов выделялись CPRS/VistA в системе здравоохранения ветеранов США, архитектура HELP в больнице LDS, медицинский регистр Regenstrief, а также коммуникационная инфраструктура BICS клиники Brigham. Параллельно часть лечебных учреждений внедряла коммерческие решения сторонних вендоров, таких как Shared Medical Systems, HBOC, Meditech и TDS/Lockheed Martin.

Помимо интегрированных платформ, элементы CDSS активно развивались на уровне отдельных клинических подразделений: автоматизированный контроль в службах переливания крови, лабораторные информационные системы, расчёт доз лучевой терапии, программная интерпретация ЭКГ и показателей функции лёгких [39], мониторинг побочных эффектов действия лекарственных препаратов [40], дозирование лекарственного средства и парентерального питания [41], назначение антибиотиков, управление аппаратом искусственной вентиляции легких, форматирование отчета, оповещение о результатах лабораторных исследований [42], заказ продуктов крови [43], мониторинг инфузионного насоса [44], сравнительный анализ качества, клиническая документация [45], диагностические и терапевтические консультационные услуги и многое другое.

С 1990-х годов в США массовое внедрение EHR, стимулированное актом HITECH, создало основу цифровой инфраструктуры для развития CDSS. После периода умеренного развития, связанного с приоритетом технической адаптации IT-платформ, функционал CDSS качественно расширился по шести направлениям:

1) доступность структурированных данных и формирование доказательств на основе реальной практики;
2) интеграция баз знаний доказательной медицины;
3) применение больших данных и ML для предиктивной аналитики;
4) наращивание встроенных функций CDSS в коммерческих EHR;
5) совершенствование сервис-ориентированных архитектур для бесшовной интеграции;
6) эволюция сценариев когнитивной помощи врачам и пациентам [39].

С массовым внедрением EHR в клиническую практику ключевой задачей стало обеспечение бесшовного взаимодействия CDSS и электронных архивов пациентов. Благодаря этой интеграции системы получили доступ к актуальным клиническим данным в режиме реального времени, что позволило генерировать контекстно-зависимые рекомендации, учитывающие индивидуальные особенности пациента. Для стандартизации обмена информацией в этот период были разработаны и внедрены международные протоколы, такие как HL7 (Health Level Seven) и CDA (Clinical Document Architecture) [46].

2.4. Конец 1990-х – 2000-е годы: доказательная медицина

Параллельно с технологическим прогрессом в здравоохранении укрепился подход, основанный на доказательствах [47]. Клинические решения стали опираться на систематизированные результаты исследований, а не только на личный опыт врача. В ответ на этот запрос CDSS начали включать актуальные клинические рекомендации и протоколы лечения, помогая специалистам быстро применять результаты новейших результатов научных исследований в повседневной практике [46].

2.5. С 2000 годы – настоящее время: эра искусственного интеллекта и машинного обучения

Современный этап развития характеризуется стремительным внедрением алгоритмов AI и ML. Способность обрабатывать огромные массивы структурированных и неструктурированных данных позволила создать системы, предлагающие высокоточные и глубоко персонализированные решения. Проекты вроде IBM Watson Health и Google DeepMind продемонстрировали, как интеллектуальные технологии трансформируют процесс диагностики, прогнозирования и выбора тактики лечения. Если ранние системы работали по заданным логическим цепочкам и правилам «если–то», то IBM Watson использует технологию под названием DeepQA, которая применяет NLP и комплексный поиск, что позволило системе извлекать смысл из неструктурированных текстов [15], [48]. Так, в частности функции обмена данными стали использовать данные биобанков и международных консорциумов баз данных медицинских изображений, для реализации таких проектов как «The Cardiac Atlas Project» (CAP) [49], «Visual Concept Extraction Challenge in Radiology» (VISCERAL) [50], UK Biobank (http://www.ukbiobank.ac.uk/) и Data Science Contests (https://www.kaggle.com/datasets). В этот период разработана CDSS в области лечения почечной недостаточности [51]. Особенно активно разрабатываются CDSS связанные с назначением врачом и мониторингом эффективности действия лекарственных препаратов, например, система CPOE (Computerized Physician Order Entry — компьютеризированный ввод врачебных назначений). Сочетание CPOE и CDSS позволило выдавать врачам варианты выбора лекарственных препаратов и его дозировку, предупреждать врача во время назначения, например, об аллергии у пациента [21], [52], [53].

В 2017 г. первые клинические приложения Arterys и Cardio AI позволили автоматизировать анализ магнитно-резонансных изображений (МРТ) сердца за считанные секунды, предоставив такую информацию, как фракция сердечного выброса, анализ перфузии и отсроченного усиления (delayed enhancement) с помощью DL, количественная оценка рубцов в миокарде, расчёт объёмов предсердий, оценка скорости и деформации миокарда. С тех пор это приложение расширилось и теперь включает возможность визуализации печени и легких, рентгеновских снимков грудной клетки и опорно-двигательного аппарата, а также неконтрастных снимков КТ головы [54].

Продемонстрирована возможность использования DL для скрининга диабетической ретинопатии, достигнув чувствительности 94% и специфичности 98% [55]. CNN применялась для выявления немеланомных и меланомных видов рака кожи [56], для прогнозирования развития сердечно-сосудистого заболеваний и прогрессирования болезни

 © Авторы статьи / Authors of the article

Альцгеймера, путем анализа данных амилоидной визуализации и прогнозирования результатов лекарственной терапии [57], [58], [59]. Также проводятся исследования с применением AIM в области прогнозирования выживаемости при аденокарциноме пищевода и о вероятности отдаленных метастазов. Эти ранние исследования открывают перспективы для будущего применения полученных результатов в клинической практике [59], [60], [61].

Предложена новая CDSS для оценки и сортировки питательных веществ для питания онкобольных в амбулаторных условиях. Система сочетает в себе клинические и лабораторные данные, с данными, полученными пациентами из приложения для смартфона для мониторинга состояния питания пациентов [62]. Используя платформу EUS, AI применялся для дифференциации хронического панкреатита от рака поджелудочной железы [63]. Учитывая опыт применения AIM и его хронологическую эволюцию CDSS активно стали применять в гастроэнтерологии и эндоскопии [17], [64], [65].

На примере 15 стран автономные и интегрированные с EHR CDSS использовали для сравнительной оценки применения в клинической практике и количества разработанных CDSS. Так, выявлено, что в большей мере разработаны и внедрены интегрированные CDSS в области лечения и диагностики диабета 2 типа (автономные: 5/17, 29%; интегрированные: 8/32, 25%), сердечно-сосудистых заболеваний (автономные: 1/17, 6%; интегрированные: 4/32, 13%). В области онкологии отмечено более ограниченное количество CDSS: автономные: 1/17, 5,9%; интегрированные: 4/32, 13%. И наименьшее количество разработанных CDSS было отмечено в таких областях как психиатрия (автономные: 2/17, 12%; интегрированные: 3/32, 9%), респираторные заболевания (автономные: 1/17, 6%; интегрированные: 1/32, 3%), заболевания опорно-двигательного аппарата (автономные: 2/17, 12%; интегрированные: 0/32, 0%), неврологические заболевания (автономные: 0/17, 0%; интегрированные: 2/32, 6%), гипертония, сахарный диабет и депрессия (автономные: 0/17, 0%; интегрированные: 1/32, 3%). Информация о том, находится ли CDSS на стадии исследований и разработок или полностью разработана и коммерчески доступна, отсутствовала в 78% (38/49) исследований (автономные: 17/17, 100%; интегрированные: 21/32, 66%). В целом, только 12% (6/49) CDSS, интегрированные с EHR (автономные: 0/17, 0%; интегрированные: 6/32, 19%), считались коммерчески доступными или готовыми к использованию в медицинских учреждениях. Отмечено, что ключевыми группами пользователей CDSS в 55% (27/49) являются врачи, медсестра и фельдшеры и координаторы медицинской помощи, а в 33% (16/49) — врачи первичного звена, врачи кардиологи (1/49, 2%), нефрологи (2/49, 4%) и онкологи (2/49, 4%) [2], [66].

Приведены результаты исследования, в котором интегрирована мульти-модальность DL для прогнозирования с помощью CDSS лечения рака легких [3].

Можно провести успешные примеры технологий AI, получивших одобрение FDA в США [27], [67]. Одна из систем: помогает обнаружить в ходе компьютерной томографии поражения легких, печени. Это первая клиническая платформа DML, одобренная FDA; IDx-DR (IDx, LLC — компания разработчик; Diabetic Retinopathy – диабетическая ретинопатия): в учреждениях первичной медико-санитарной помощи обеспечивает автоматическое выявление диабетической ретинопатии более легкой степени у взрослых в возрасте от 22 лет и старше с диагнозом диабет, ранее не диагностированным; Guardian Connect (Medtronic): непрерывно отслеживает уровень глюкозы и отправляет собранные данные в приложение для смартфона, при этом технология Watson International Business Machines (IBM) используется для прогнозирования серьезных колебаний уровня глюкозы в крови за 10–60 минут.

Обзор систем CDSS, которые уже применяются в медицинских учреждениях

В качестве первой можно рассмотреть MONTE CDSS, указанную ранее, разработанная с целью мониторинга питания амбулаторных онкологических пациентов. Её ключевая особенность заключается в интеграции данных, генерируемых самими пациентами через мобильное приложение MONTE, с клиническими, лабораторными и диагностическими сведениями из больничной информационной системы [62]. Приложение позволяет проводить еженедельную оценку состояния питания вне рамок очных визитов, что способствует раннему выявлению рисков и своевременному диетическому вмешательству. Ядро системы построено на десяти медицинских логических модулях, которые имитируют процесс ручной оценки данных [62].

Другим примером, представляющим принципиально иной технологический подход, служит система OnCATs, предназначенная для ведения пациентов с локализованным раком простаты. В отличие от MONTE, OnCATs позиционируется как «объяснимая» система, работающая исключительно на основе детерминированных правил, а не алгоритмов AI [5]. Её база знаний кодирует рекомендации из 23 независимых источников в модульную структуру правил прямой цепочки, формирует персонализированные пути лечения и позволяет специфицировать назначения в рамках единой прозрачной логики. Такой подход обеспечивает высокую интерпретируемость выводов, что особенно важно в ситуациях, требующих обоснования клинических решений.

Третья система — QIAGEN Clinical Insight Interpret (QCI) — решает задачу интерпретации полученных с помощью NGS данных геномных вариантов в ходе комплексного профилирования опухоли, основываясь на рекомендациях по лечению и последних научных сведениях. Система частично автоматизирует процесс классификации вариантов. Так, в частности рассчитывает классификацию патогенности и уровень действия для каждого варианта в контексте конкретного типа рака, при этом автоматически помечая противоречивые критерии для последующего экспертного разбора. Важной особенностью системы QCI является гибридный режим работы: автоматизированные рабочие процессы дополняются компонентом ручной интерпретации, позволяющим команде специалистов вносить коррективы и формировать целостные заключения, сопровождаемые сводками доказательной базы [68].

Четвёртая платформа — AI-Pathway Companion Prostate Cancer от Siemens Healthcare — фокусируется на визуальной консолидации и корреляции клинической информации, специфичной для конкретного заболевания. Система представляет соответствующие данные и рекомендации на удобных информационных панелях, приводя

 © Авторы статьи / Authors of the article

положения действующих руководств, например, рекомендаций Европейской ассоциации урологов — EAU, в соответствие с текущим статусом пациента [23]. В отличие от предыдущих примеров, данный инструмент не выполняет сложного логического вывода на базе ML, а служит, прежде всего, средством навигации по клиническим протоколам и быстрого доступа к релевантной информации в точке оказания помощи.

Наконец, система поддержки принятия решений по меланоме Melanoma CDSS представляет собой наиболее технологически комплексное решение, объединяющее два функциональных модуля: диагностический и прогностический. Диагностический модуль базируется на моделях глубокого обучения (Deep Learning) для анализа клинических и дерматоскопических изображений кожных образований, тогда как прогностический модуль использует методы ML с целью прогнозирования риска метастазирования и времени без рецидивной выживаемости [69].

3.1. Общие черты рассматриваемых систем

Как уже отмечалось CDSS предлагают множество функций, которые включают в себя возможность отмечать потенциальные проблемы для скрининга и последующего наблюдения, обеспечивать точность диагностики путем мониторинга неверных показаний, оказывать поддержку в управлении лечением, включая оценку эффективности и рекомендации по дозировке и предложению вариантов фармакотерапии, проводить аудиты для выявления отклонений от рекомендуемых клинических протоколов. Несмотря на разнообразие клинических задач и технологических реализаций, все представленные CDSS демонстрируют ряд общих архитектурных и функциональных принципов [62], [68], [69].

Во-первых, каждая система ориентирована на интеграцию разнородных источников данных: от опросов пациентов и медицинских изображений до геномных профилей и нормативных руководств. Такое многообразие данных позволяет формировать более полное представление о состоянии пациента и принимать обоснованные решения.

Во-вторых, все платформы предусматривают сохранение экспертной роли врача: автоматизация выступает вспомогательным механизмом, тогда как финальная интерпретация, валидация выводов и корректировка рекомендаций остаются под контролем специалиста.

В-третьих, системы нацелены на повышение эффективности клинического рабочего процесса — будь то сокращение времени анализа, расставление приоритетов для значимых данных или предотвращение избыточных визитов пациента.

Наконец, все решения реализуют строгие протоколы информационной безопасности, включая шифрование, аутентификацию и аудит доступа, что является обязательным требованием при работе с персональными медицинскими данными.

CDSS включают в себя множество инструментов, как компьютеризированных, так и не компьютеризированных (клинические рекомендации или цифровые ресурсы, например, ClinicalKey® или UpToDate®). Другая категория CDSS, иногда также называемых базовыми или простыми системами поддержки принятия клинических решений, например, лабораторные информационные системы (ЛИС), фармацевтические информационные системы (ФИС), выдающие предупреждение о назначении нового препарата и предлагающие возможное лекарственное взаимодействие. Еще одним параметром CDSS является подход к предоставлению рекомендаций: пассивный или активный. Пассивные CDSS требуют от пользователя выполнения каких-либо действий для получения рекомендаций, например, нажатия кнопки или открытия вкладки. Которые практически не применяются из-за неэффективности и зависимости от участия человека. Проблема активных систем заключается в предотвращении генерации чрезмерного количества оповещений, вызывающих у пользователя «усталость от оповещений».

Тесно связанной характеристикой, обычно используемой для классификации CDSS, является стиль коммуникации, различающий консультативную и критическую модели. В консультативной модели система выступает в роли советника, задавая вопросы и предлагая последующие действия. Например, при вводе назначения лекарства компьютер запрашивает диагноз и советует правильную дозу или альтернативное лечение. Критическая система позволяет пользователю самостоятельно определить правильную дозу и только после этого предупреждает пользователя о том, что назначенная доза для этой терапии слишком низкая или высокая [21].

3.2. Ключевые различия и выбор технологического подхода

При первом знакомстве с данными системами важно понимать, что их различия обусловлены не только клинической спецификой, но и фундаментальными различиями в подходах к автоматизации принятия решений. Системы, подобные MONTE и OnCATs, опираются на детерминированные логические правила и формализацию экспертных алгоритмов, что обеспечивает высокую прозрачность и предсказуемость выводов, но ограничивает способность к обучению на новых данных [5], [62]. В отличие от этих решений, Melanoma CDSS активно используют методы ML и DL, что позволяет выявлять сложные нелинейные зависимости в данных, однако требует больших обучающих выборок, тщательной проверки данных и дополнительных усилий по обеспечению интерпретируемости результатов [69].

Промежуточное положение занимают системы типа QCI, которые автоматизируют применение руководств, но сохраняют гибкость за счёт гибридного режима работы с обязательным экспертным контролем. Такой подход позволяет достичь баланса между стандартизацией и адаптивностью, что особенно актуально в быстро развивающихся областях, таких как геномика рака [68]. Платформа Siemens AI-Pathway Companion, в свою очередь, демонстрирует минималистичный подход к поддержке решений: вместо сложного логического вывода она фокусируется на удобной визуализации и навигации по существующим протоколам, что может быть предпочтительно в условиях, когда врачи высокой квалификации нуждаются преимущественно в быстром доступе к актуальной информации [23].

3.3. Классификация систем

Для систематизации многообразия CDSS в научной литературе предлагается использовать многомерную классификацию, основанную на пяти ключевых характеристиках: функция системы, модель предоставления

 © Авторы статьи / Authors of the article

рекомендаций, стиль коммуникации с пользователем, лежащий в основе процесс принятия решений и особенности взаимодействия человека с компьютером [21], [70]. Данный подход позволяет не только категорировать существующие решения, но и осознанно проектировать новые системы с учётом конкретных клинических потребностей и организационных условий.

В системах, основанных на знаниях, создаются правила (если-то), на основе которых производит обработку извлеченных данных, в результате чего выводится определенное действие или результат. Правила могут быть составлены с использованием литературных, практических или ориентированных на данного пациента суждений. CDSS, не основанные на знаниях, по-прежнему требуют источника данных, но решение принимается с помощью AIM, ML или статистического распознавания образов, а не программируется на основе экспертных медицинских знаний, изобилует проблемами, включая проблемы с пониманием логики, которую AIM использует для выработки рекомендаций, а также проблемы с доступностью данных [12], [71].

Модели деревьев решений — это самые старые, но до сих пор наиболее часто используемые модели в клинической практике. Эти CDSS используют древовидную модель принятия решений, состоящую из множества шагов логики «если-то-иначе». Такие модели называются клиническими правилами, компьютерно-интерпретируемыми рекомендациями или алгоритмами поддержки принятия решений [72].

Прогностические модели CDSS потенциально могут положительно влиять на принятие клинических решений и, следовательно, на общее качество сопровождения пациента. Исследования в области прогностического моделирования можно условно разделить на этапы разработки, валидации, обновления, оценки воздействия и внедрения. В процессе разработки модели основное внимание уделяется выбору из измеренного набора характеристик (называемых по-разному: предикторами, ковариатами, факторами, признаками, маркерами и т. д.) и их последующему объединению в рамках статистической модели таким образом, чтобы получать надежные прогнозы при появлении новых (ранее не наблюдавшихся) данных.

Отечественные разработки в области CDSS

На сегодняшний день известны пять российских CDSS (табл. 1) прошедших и четыре не прошедших государственную регистрацию в качестве программных медицинских изделий. Все пять CDSS решают разные задачи (профилактика, диагностика, фармакотерапия, онкология, диспансерное наблюдение).

Таблица 1 - Отечественные CDSS в клинической медицине

DOI: https://doi.org/10.60797/jbg.2026.33.11.2

№	Система	Назначение
CDSS прошедшие государственную регистрацию в качестве программных медицинских изделий		
1	Webiomed	Оценка рисков и контроль соблюдения требований по профилактике заболеваний (https://webiomed.ru/products/webiomed-dhra/)
2	ТОП-3 (SberMed.AI)	Постановка предварительного диагноза по анамнезу и данным медкарты пациента (https://sbermed.ai/diagnostic-center/our-algorithms/top-3/)
3	MedicBK	Экспертиза электронной медкарты, выявление коморбидных пациентов, коррекция терапии и дообследований при диспансерном наблюдении (http://medicbk.com/)
4	Электронный клинический фармаколог	Помощь врачу при назначении фармакотерапии, снижение врачебных ошибок и осложнений (https://www.ecp.umkb.com/)
5	Galenos AI	Дифференциальная диагностика для раннего выявления онкологических заболеваний (https://teh-lab.ru/proekty/galenos-ai/)
CDSS не прошедшие государственную регистрацию в качестве программных медицинских изделий		
1	PharmFrame	Контроль правильности и

 © Авторы статьи / Authors of the article

№	Система	Назначение
		безопасности назначения лекарственной терапии (http://pharmframe.ru/)
2	Lexema-Medicine	Назначение персонализированной терапии с использованием алгоритмов ИИ (https://lexema.ru/medicine/decision-support/)
3	Panacea	Контроль соблюдения клинических рекомендаций и стандартов оказания медпомощи (https://panaceadoc.ru/)
4	Lissa Health	Автоматизация ведения медицинских записей и анализ данных ЭМК (https://lissa-health.com/clinics)

Национальные стандарты по искусственному интеллекту в клинической медицине развиваются в двух направлениях: комплекс ГОСТ Р 59921 «Системы искусственного интеллекта в клинической медицине» и отдельные стандарты, охватывающие смежные области — лучевую диагностику, прогнозную аналитику, CDSS, дистанционный мониторинг и здравоохранение в целом. Нормативная база при этом развивается значительно быстрее: только комплекс ГОСТ Р 59921 насчитывает 12 частей, а всего по теме ИИ в медицине и здравоохранении принято более 25 национальных и предварительных стандартов. Это создаёт методическую основу и для регистрации новых систем, и для оценки уже работающих — от требований к обучающим данным до методов клинических испытаний (табл. 2).

Таблица 2 - Национальные стандарты по искусственному интеллекту в клинической медицине РФ

DOI: https://doi.org/10.60797/jbg.2026.33.11.3

ГОСТ	Назначение
Базовый комплекс ГОСТ Р 59921	
ГОСТ Р 59921.0-2022	Основные положения: цели, задачи, термины и определения, классификация СИИ в клинической медицине
ГОСТ Р 59921.1-2022	Часть 1. Клиническая оценка — методологическая основа проведения клинической оценки СИИ
ГОСТ Р 59921.2-2021	Часть 2. Программа и методика технических испытаний
ГОСТ Р 59921.3-2021	Часть 3. Управление изменениями в СИИ с непрерывным обучением
ГОСТ Р 59921.4-2021	Часть 4. Оценка и контроль эксплуатационных параметров
ГОСТ Р 59921.5-2022	Часть 5. Требования к структуре и порядку применения набора данных для обучения и тестирования алгоритмов
ГОСТ Р 59921.6-2021	Часть 6. Общие требования к эксплуатации
ГОСТ Р 59921.7-2022	Алгоритмы анализа медицинских изображений. Методы испытаний. Общие требования
ГОСТ Р 59921.8-2022	Часть 8. Руководящие указания по применению ГОСТ ISO 13485-2017 (система менеджмента качества медицинских изделий)
ГОСТ Р 59921.9-2022	Алгоритмы анализа данных в клинической физиологии. Методы испытаний. Общие требования
ГОСТ Р 59921.10-2025	Алгоритмы анализа данных в клинической физиологии. Методы формирования наборов данных для тестирования

 © Авторы статьи / Authors of the article

ГОСТ	Назначение
ГОСТ Р 59921.11-2025	Наборы данных для тестирования алгоритмов. Методы контроля набора данных на универсальность и структурированность
Отдельные стандарты (ГОСТ Р)	
ГОСТ Р 71671-2024	Системы поддержки принятия врачебных решений с применением ИИ. Основные положения: термины, цели, классификация (консультативные, информационно-справочные, консультативно-информационные)
ГОСТ Р 71672-2024	Системы прогнозной аналитики на основе ИИ в клинической медицине. Основные положения
ГОСТ Р 71673-2024	СИИ в лучевой диагностике. Алгоритмы анализа медицинских изображений. Методы испытаний на определение точности измерений
ГОСТ Р 71674-2024	СИИ в клинической медицине. Набор данных в формате DICOM для тестирования алгоритмов. Методы обезличивания и контроля на отсутствие персональных данных
ГОСТ Р 71737-2024	СИИ в здравоохранении. Применение менеджмента риска к медицинским изделиям
ГОСТ Р 71738-2024	СИИ в лучевой диагностике. Методы испытаний на способность и устойчивость работы с разнородными данными
ГОСТ Р 71675-2024	Системы дистанционного мониторинга на основе ИИ в здравоохранении. Общие требования
ГОСТ Р 72313-2025	СППВР с применением ИИ для извлечения данных из неструктурированных медицинских записей. Методы формирования набора данных, метрики оценки качества
ГОСТ Р 72356-2025	Системы прогнозной аналитики на основе ИИ для анализа электронных медицинских карт. Методы испытаний. Общие требования
ГОСТ Р 72357-2025	СППВР с применением ИИ для анализа данных в лекарственной терапии. Методы формирования набора данных, метрики оценки качества
ГОСТ Р 72484-2025	СИИ в здравоохранении. Термины и определения. Классификация (медицинские изделия с ИИ и ИИ-сервисы)
ГОСТ Р 70885-2023	Алгоритмы анализа данных в клинической физиологии (распознавание состояний и действий)
Предварительные национальные стандарты (ПНСТ)	
ПНСТ 872-2023	СППВР с применением ИИ. Методы клинических испытаний
ПНСТ 873-2023	СИИ в лучевой диагностике. Основные положения
ПНСТ 961-2024	СИИ в здравоохранении. Этические аспекты
ПНСТ 962-2024	Системы маршрутизации и оптимизации потоков пациентов на основе ИИ

Некоторые важные нормативно-правовые акты, которые так или иначе регулируют применения AI в здравоохранении нашей страны отражены на сайте платформы прогнозной аналитики Webiomed.

Классификация по системной функции

Критерием дифференциации CDSS может являться характеристика «системная функция», которая разделяет все решения на два базовых типа в зависимости от характера формируемого вывода.

Первый тип CDSS отвечает на вопрос «что верно?». К данной категории относятся чисто диагностические CDSS, основная задача которых — анализ имеющихся клинических данных и формирование заключения о текущем

 © Авторы статьи / Authors of the article

состоянии пациента, наличии заболевания или его стадии [21]. Примером такой системы может служить модуль диагностики в CDSS для меланомы. Аналогично, система QCI, которая используется для интерпретации соматических геномных вариантов, на начальном этапе выполняет функцию определения патогенности выявленной мутации. Примером также могут служить многие популярные веб-сайты дифференциальной диагностики, например, Diagnosaurus® или WebMD® [73]. Эти CDSS основывают свои рекомендации на фиксированном наборе данных, которые вводятся пользователем или легко доступны.

Второй тип CDSS ориентирован на ответ на вопрос «что делать?». Они не ограничиваются констатацией диагноза, а переходят к формированию рекомендаций по дальнейшим действиям: какой диагностический тест назначить для уточнения дифференциального диагноза, какой препарат или схему лечения выбрать с учётом текущего состояния пациента, какие меры профилактики или мониторинга применить [21]. В качестве примера можно привести систему OnCATs для локализованного рака простаты, которая на основе модульной базы правил не только определяет риски, но и формирует персонализированные рекомендации по путям лечения и спецификации назначений [5]. Аналогично, платформа Siemens AI-Pathway Companion предоставляет врачу рекомендации по диагностическим и терапевтическим опциям, приводя положения клинических руководств EAU в соответствие с индивидуальными параметрами пациента [23].

Валидация и верификация CDSS

Для обеспечения достоверности обеспечения клинических знаний и поддержания непрерывного улучшения качества медицинской помощи необходима валидация и верификация систем. В научной литературе широко представлены исследования, посвящённые проверке клинических правил, где основное внимание уделяется клинической релевантности рекомендаций, формируемых CDSSs. Вместе с тем корректность этих рекомендаций напрямую зависит от качества данных электронных медицинских карт и технической надёжности самой CDSS.

Эффективность CDSS напрямую зависит от качества и стандартизации исходных данных. До этапа программирования клинических алгоритмов необходимо отрегулировать процессы сбора, верификации и структурирования медицинской информации. Каждый параметр, задействованный в правилах системы, должен быть детально описан и протестирован с учётом конкретного клинического контекста. Например, стандартное поле «возраст пациента» по умолчанию возвращает значение в годах, что неприменимо в неонатальной реанимации, где критически важны часы или дни жизни. Верификация соответствия данных реальным клиническим сценариям требует глубоких медицинских знаний, что нередко создаёт трудности для IT-специалистов. Следовательно, успешная реализация CDSS невозможна без тесного междисциплинарного взаимодействия на этапах проектирования и валидации системы [23].

Несмотря на растущее число публикаций, демонстрирующих теоретический потенциал CDSS, некоторые систематические обзоры и испытания указывают на то, что их фактическое влияние на клинические исходы и ежедневные рабочие процессы часто остаётся незначительным [74], [75], [76], [77]. Тем не менее другие источники указывают, что только в 7 (14%) исследованиях сообщалось о неуспешности использования CDSS, то есть о невыполнении ими поставленных задач по сравнению с традиционными подходами. Это указывает на необходимость смещения фокуса оценки с точности алгоритмов на измерение абсолютных улучшений качества помощи и времени принятия решений. В большинстве случаев оповещения использовались для обеспечения безопасности пациентов и управления рисками, в то время как рекомендации по лечению в неуспешных исследованиях использовались для обеспечения соблюдения рекомендаций [2].

Таким образом, эффективность CDSS не является статичной величиной и существенно меняется на разных этапах жизненного цикла системы. Так, в исследованиях показано, что в первые шесть месяцев после внедрения основными барьерами выступают ограниченная прозрачность алгоритмов, нехватка ресурсов для технической поддержки и временно́е снижение скорости работы медицинских работников. Но по мере знакомства врачей с интерфейсом и адаптации системы многие из этих ограничений нивелируются. Тем не менее изменения в смежных клинических информационных системах могут повторно нарушать рабочие процессы CDSS через год и даже спустя пять лет после внедрения. Исследователям рекомендуется проводить основную оценку предполагаемых преимуществ CDSS в течение первого года после внедрения, до наступления фазы «нормализации», когда эффекты наиболее выражены и поддаются управлению [77], [78]. Ключевыми препятствиями на ранних этапах остаются недостаточное функциональное взаимодействие CDSS с EHR, несоответствие встроенных алгоритмов с реальными клиническими маршрутами и проблемы с производительностью систем. Для предупреждения как ожидаемых, так и непредвиденных осложнений необходимо вовлекать врачей-пользователей не только на этапе разработки, но и на постоянной основе, в рамках непрерывного аудита и обновления системы. Активное участие и сотрудничество конечных пользователей в разработке, внедрении и сопровождении CDSS, имеют решающее значение для обеспечения достижения целей CDSS [46]. Разработчики CDSS должны учитывать конкретные потребности и приоритеты медицинских работников с точки зрения целевых областей (например, онкология) при проектировании и внедрении CDSS в рабочий процесс медицинских работников [5], [79].

Современные системы, которые всё чаще строятся на основе мультимодальных нейронных сетей, способных интегрировать клинические, хирургические, патологические и радиологические данные для генерации прогностических показателей, таких как показатель выживаемости без развития рецидива [3], требуют расширения стандартных протоколов: помимо точности и калибровки модели, необходимо оценивать устойчивость к смещению выборки, способность генерировать интерпретируемые объяснения и соответствие регуляторным требованиям к AIM. Без обеспечения прозрачности и клинической обоснованности даже высокоточные алгоритмы рискуют остаться невостребованными в реальной практике.

С точки зрения сопровождения пациента приоритетным направлением оценки CDSS является способность системы создавать дополнительные проверки безопасности клинических рекомендаций для предотвращения

 © Авторы статьи / Authors of the article

диагностических и ошибок в схемах лечения. Исследования, посвящённые диагностики, лечению и сопровождению онкологических пациентов, демонстрируют высокую значимость прозрачности процессов принятия решений и минимизации последствий врачебных ошибок [23], [80]. В связи с этим, валидация CDSS должна включать не только клинические метрики, но и качественные опросы пациентов, анализ инцидентов и оценку уровня доверия к автоматизированным рекомендациям.

После рассмотрения описанных проблем, можно взять за основу следующую схему проверки систем. Процесс начинается с технической формализации: рекомендации доказательной медицины переводятся в чёткие, машиночитаемые критерии и тестируются на исторических массивах EHR. Правило переходит на следующий уровень только при достижении положительной прогностической ценности выше 90% и отрицательной выше 95%. Далее следует ретроспективная терапевтическая валидация. Многопрофильная группа экспертов оценивает, насколько сгенерированные оповещения действительно полезны в клинической практике, устраняя расхождения между стандартами и больничной реальностью. После доработок алгоритм повторно проверяется на тех же данных для подтверждения клинической релевантности. На третьем этапе правило подключается к «живой» системе. Настраивается адресат, формат, частота и способ доставки уведомлений так, чтобы они органично встраивались в рабочий поток, а не прерывали его. После двух месяцев пилотного использования и калибровки по обратной связи врачей правило получает допуск к массовому применению. Внедрение не означает завершение! На четвёртом этапе запускается непрерывное сопровождение: алгоритм адаптируется под обновления EHR, новые клинические рекомендации и меняющиеся предпочтения пользователей. Практика показывает, что почти каждое правило требует правок, и именно регулярная оптимизация сохраняет его точность и доверие персонала [21].

Успешное внедрение CDSS также зависит от сочетания факторов, включая соответствие целям медицинских работников, интеграцию в рабочие процессы, клиническую значимость, удобство использования, персонализацию, обучение и поддержку, совместимость, техническую экспертизу, финансовую жизнеспособность и многоуровневое взаимодействие, а также государственные нормативные акты и барьеры [12], [81].

CDSS в области онкологии

Рак по-прежнему остается одной из основных причин смерти в мире. Согласно ВОЗ, ежегодно отмечается примерно около десяти миллионов летальных исходов. Для диагностики и разработки персонализированной терапии необходимо учитывать сложную природу онкологии, это, в свою очередь, определяет необходимость взаимосвязи нескольких источников информации, таких как молекулярно-генетические, патоморфологические и клинические исследования. Классические подходы к принятию решений не всегда эффективны, особенно на стадии ранней диагностики, основанные почти исключительно на опыте врачей и трудоемком анализе опубликованных клинических работ (из-за растущего объема данных и изменчивого характера рекомендаций по лечению). В результате всех этих ограничений когнитивная информационная система IBM Watson for Oncology, которая анализирует клиническую информацию для выработки рекомендаций по лечению в соответствии с принятыми протоколами. Однако проблемы, касающиеся локализации данных, интерпретируемости и постоянного обучения, являются критически важными областями, требующими дальнейшего совершенствования [79]. Необходимость когнитивных вычислений в онкологии определяется тем, что традиционные методы принятия решений в основном полагаются, как уже отмечалось, на экспертизу врача и анализ опубликованных в большом количестве клинических работ. Поэтому растет потребность в системах на основе AI, которые могут объединять медицинскую информацию, оценивать результаты лечения и предоставлять врачам советы в режиме реального времени, что, в свою очередь, ускоряет постановку диагноза, снижает предвзятость и способствует развитию персонализированной медицины [5], [82]. Необходимо учитывать, что эффективное лечение требует интеграции таких данных как стадии опухоли, сопутствующие заболевания и возраст, для принятия взвешенного решения по выбору тактики и варианта диагностики, лечения (хирургическое вмешательство, лучевая терапия, медикаментозное лечение и др.). Этот многофакторный ландшафт создает возможности для применения различных инструментов, основанных на AI, для поддержки последовательного и прозрачного принятия решений [37].

Несмотря на достижения разработок CDSS в области онкологии, многие из них на основе ML функционируют как черные ящики, которые могут достигать высоких показателей прогнозирования, но им не хватает прозрачности и воспроизводимости, что ограничивает их внедрение в клиническую практику. И наоборот, подходы, основанные на правилах, обеспечивают интерпретируемость, но зачастую не способны покрыть все многообразие решений и часто не апробированы в клинических условиях. Также проблематичным является установление корреляций между молекулярно-генетическим статусом онкобольного с возможностью правильного выбора варианта терапевтического сопровождения [66]. В то время как знание молекулярно-генетического статуса конкретного пациента в сочетании с гистологическими характеристиками опухоли является основным фактором эффективности лечения [84], [85]. Учитывая, что знания о молекулярно-генетическом ландшафте онкозаболеваний расширяются, появление новых лекарственных препаратов, которые характеризуются различными, фармакокинетическими и фармакодинамическими показателями, еще в большей мере усложняют работу врача по сопровождению пациентов. В связи с этим CDSS может являться объективной необходимостью [86], [87].

Точная клиническая интерпретация вариантов соматического рака имеет решающее значение для диагностики и выбора тактики лечения. Совместно Clinical Genome Resource (ClinGen), Консорциум геномики рака (CGC) и Консорциум интерпретации вариантов рака (VICC) определили набор стандартов классификаций онкозаболеваний. Проводилась сравнительная оценка данных классификаций с классификациями, созданными CDSS QIAGEN Clinical Insight (QCI) Interpret One, системой, использующей версию консенсусных рекомендаций Американского колледжа медицинской генетики (ACMG) и Ассоциации молекулярной патологии (AMP) на клиническом материале пациентов. В 97,2% выявлено совпадение по постановке диагноза и выявлению предрасположенность к онкологии в

 © Авторы статьи / Authors of the article

объединенных наборах данных классификации системы QCI с классификациями, которые оценивались с использованием системы ClinGen/CGC/VICC [68].

Большое внимание уделяется интерпретации онкогенности (мутации гена/ов которые провоцируют развитие рака). Так, из-за отсутствия единых рекомендаций по оценке онкогенности, лабораторные группы и специалисты по интерпретации вариантов часто разрабатывали свои собственные индивидуальные классификации, построенные на фундаментально схожих критериях, например, частота мутаций соматического варианта. Однако каждая лабораторная группа функционировала независимо при разработке протоколов, что привело к некоторым несоответствиям в классификациях вариантов в разных лабораториях. Соматические стандарты ClinGen/CGC/VICC, опубликованные в 2022 году, являются первыми совместными рекомендациями, разработанными для стандартизированной оценки онкогенности вариантов рака [88]. Структура ClinGen/CGC/VICC имеет много общих черт со структурой ACMGv3 (American College of Medical Genetics and Genomics, версия 3), но отличается принятием балльной системы, модификацией и расширением определенных критериев, включением новых соматических критериев и исключением некоторых критериев зародышевой линии. Рекомендации ClinGen/CGC/VICC определяют критерии оценки вариантов и присваивают каждому критерию балльное значение на основе силы критерия [68]. Варианты обновленной классификации критериев ClinGen/CGC/VICC были разделены на три категории в соответствии с их исходной классификацией ClinGen/CGC/VICC: онкогенные или вероятные онкогенные, варианты неопределенной значимости (VUS) и доброкачественные или вероятные доброкачественные (B-LB). По сравнению с соответствующими категориями классификации QCI также выделяет патогенные или вероятные патогенные (P-LP), вариант неопределённой клинической значимости (VUS) и доброкачественный и вероятно доброкачественный вариант **(**B-LB). Сравнительный анализ классификации соматических вариантов, основанных на рекомендациях ClinGen/CGC/VICC, и структуры, основанной на рекомендациях ACMG, используемой CDSS QIAGEN Clinical Insight Interpret выявил согласованность примерно для четырех из пяти вариантов [68], [88].

Ранняя диагностика и точный прогноз крайне необходимы для персонализации лечения и повышения выживаемости пациентов с ***меланомой***. Меланома занимает особое место среди опухолей кожи, так как является самым агрессивным, мультифакторным онкозаболеванием, с высокой мутационной нагрузкой, ранним метастазированием. По данным GLOBOCAN 2020, меланома является причиной более 324 000 новых случаев и 57 000 смертей во всем мире каждый год [89], [90]. Показатели заболеваемости и смертности неуклонно растут на 4–6% ежегодно, увеличившись на 44% и 32% соответственно в период с 2008 по 2018 год [91]. Статистика заболеваемости меланомой предоставлена на общедоступном ресурсе [92], [93]. Меланома развивается как из трансформированных меланоцитов кожи *de novo*, так и невус-ассоциированным путем [94]. Характеризуется самой высокой гетерогенностью и наибольшим количеством соматических мутаций ~ 14–17 мутаций/Мб в кодирующей ДНК и 72 мутациями/Мб во всем геноме. Высокая смертность связана с метастатической меланомой, что в первую очередь обусловлено поздней диагностикой и повышенной устойчивостью к системной терапии. Поэтому раннее выявление и лечение инвазивной меланомы с использованием AIM имеют решающее значение для повышения показателей выживаемости [69], [95], [96], [97]. Так, разработана CDSS на основе данных эпилюминесцентной дерматоскопии, анализа изображений с помощью ML, показателей серологических и гистопатологических биомаркеров. Были получены две модели прогнозирования метастазирования (включая «всех пациентов» или только пациентов «на ранних стадиях меланомы»), а также был обнаружен ряд признаков для прогнозирования прогрессирования метастазирования: толщина Бреслоу, инфильтрирующие лимфоциты [98], [99], экспрессия BCL-2, и IL-4 и уровень IL-6 в сыворотке крови [69].

Особое место в диагностики (золотой стандарт) меланомы занимает характеристика гистопатологической картины опухоли патологоанатомами, которое является субъективным, неточным и невоспроизводимыми, особенно в случаях локализованной меланомы на ранних стадиях [100], [101], [102], [103], [104]. Так как существуют меланоцитарные поражения с неоднозначной гистопатологической картиной, демонстрирующие некоторые, но не все признаки, связанные с обычными меланомами, что затрудняет их классификацию [105]. В связи с этим автоматизации анализа изображений с использованием AIM, позволит ускорить, во многом облегчить раннюю дифференциальную диагностику меланомы [106]. Около 20% пациентов с диагнозом меланома ранней стадии (стадии I и II по данным AJCC) в дальнейшем подвержены риску развития метастазирования опухоли в течение последующих 5 лет [107], и, что примечательно, у некоторых пациентов II стадии показатели выживаемости хуже, чем у пациентов III стадии. Это явление можно объяснить неоднородностью изменений в ходе развития меланомы, определяемые генетической нестабильностью и пластичностью клеток меланомы [108], [109]. Тем не менее в настоящее время не существует инструментов стратификации риска меланомы, которые были бы хорошо проверены или широко использовались. В этом контексте на протяжении многих лет проводятся исследования по раннему выявлению меланомы основываясь на анализе серологических и гистопатологических биомаркеров, которые с наибольшей вероятностью отражают динамику развития меланомы, соответственно могут дать возможность выбора эффективного и оптимального варианта лечения [110], [111].

Проблемы, риски и успехи во внедрении CDSS в клиническую практику

Проблемы, связанные с внедрением AIM, носят универсальный характер и не являются уникальными для отдельно взятой страны. Одной из организаций, возглавляющих руководство в этой области, является Международный форум регулирования и гармонизации нормативных требований к медицинским изделиям (IMDRF). В его состав в настоящее время входят Австралия, Бразилия, Канада, Китай, Европа, Япония, Россия, Сингапур, Южная Корея и США. Европейский Союз также издал некоторые ключевые критерии регулирования, которые влияют на внедрение AIM в систему здравоохранения: защита данных с учетом правил сбора, хранения и использования личной информации. Для этого, во-первых, требуется явное и информационное осознанное согласие пациентов перед сбором

 © Авторы статьи / Authors of the article

персональных данных. Во-вторых, предоставление права лицу, предоставляющему данные, отслеживать, какие данные собираются, и иметь возможность требовать удаления своих данных. Наконец, необходимость «права на объяснение» потенциально ограничит типы моделей, которые производители могут использовать в приложениях, связанных с данными о состоянии здоровья пациента [27].

В общих чертах проблемы, связанные с реализацией CDSS, можно разделить на технические, организационные и человеческие [112]. Технические проблемы включают качество и совместимость данных, прозрачность алгоритмов и системную интеграцию. Организационные проблемы включают сопротивление изменениям, финансовые ограничения и вопросы регулирования. Человеческий фактор включает в себя принятие пользователем, удобство использования и обучение и др. [46].

Выделяют шесть стратегических целей, разделенных на три основных направления, для достижения широкого внедрения эффективных возможностей CDSS [21] — высокий уровень внедрения и эффективного использования, качественные и понятные знания, постоянное совершенствование знаний и методов CDSS. Так для обеспечения широкого внедрения и эффективного использования важно доработать CDSS в соответствии с пожеланиями конечных пользователей. Только тогда можно свести к минимуму проблему «усталости от оповещений». Усталость от оповещений определяется как «психическая усталость, испытываемая медицинскими работниками, которые сталкиваются с многочисленными напоминаниями от использования CDSS» [113]. Исследования показали, что до 95% предупреждений CDSS несущественны, и часто врачи не согласны с предупреждениями или не доверяют им, в других случаях они просто их не читают [12], [114]. Поэтому следует разработать различные механизмы оповещения (всплывающие окна, автоматический заказ лабораторных анализов, заказ рецепта, электронная почта и т. д.), подходящие для разных приоритетов [115], например, типы оповещений по выбору оптимального медикаментозного лечения [12], [116].

Концепция, что знания доступны, поэтому их необходимо записывать, хранить и передавать в формате, который упрощает разработку и внедрение CDSS заключается в создании способа легкого распространения, обмена и интеграции клиническими знаниями CDSS в информационные системы и процессы медицинской организации при поддержке внешними организациями, что значительно повысило бы эффективность разработки и обслуживания систем. Интеграция CDSS в существующие клинические рабочие процессы и системы EHR может быть сложной задачей, особенно в крупных медицинских учреждениях с учетом адаптации к конкретным потребностям и требованиям региональных, государственных и международных клинических рекомендаций, рабочим процессам и предпочтениям (например, МКБ-10 / ICD — Международная статистическая классификация болезней, стандартизированные коды, используемые для представления заболеваний и диагнозов, RxNorm — стандартизированная номенклатура клинических лекарственных средств) [12], [117]. Для преодоления трудностей по обмену данными в 1989 году был подготовлен первый проект стандарта под названием «Arden Syntax» (язык разметки, предназначенный для представления медицинских знаний и обмена ими в стандартизированном исполняемом формате), со связанными системами на основе правил «Medical Logic Modules» [118]. А первая спецификация «Arden Syntax» была опубликована в 1992 г. Однако дальнейшее развитие MLM было заблокирована из-за отсутствия стандартизированной медицинской терминологии (клинические данные, названия лабораторий, заболевания, лекарства и т. д.) [119]. В дальнейшем был достигнут прогресс в улучшении доступа к данным, хранящимся в клинических информационных системах, двумя важными способами: подключение GELLO (Guideline Expression Language Oriented), ориентированного на объект языка выражения к «Arden Syntax» для предоставления стандартизированного интерфейса и языка запросов для доступа к данным о работоспособности из систем; появление надежных стандартов для лабораторных терминов (LOINC, МКБ-9-CM/10, SNOMED — систематизированная машинно-обрабатываемая медицинская номенклатура, и др.). Кроме того, значительный объем исследований был сосредоточен на эффективном представлении клинических руководств, разработанных на основе анализа фактических данных, в формате, интерпретируемом компьютером, например, формат обмена GuideLine и компьютерно-интерпретируемые руководства. Проводится работа по расширению обмена знаниями, в формате PROFORMA, Degel, SEBASTIAN, Консорциум CDS (Clinical Decision Support Consortium, CDSC) и другие [120], [121], [122], [123]. Особо следует отметить онлайн-архив OpenClinical.org, содержащий более 600 удобочитаемых информационных ресурсов о методах управления знаниями, технологиях и приложениях для здравоохранения. В настоящее время сайт обслуживает 300 000 пользователей в год (DXplain, IBM Watson, Isabel).

Направление — качественные и понятные знания, отражают то, что потенциалом обладает только та CDSS, которая способна предоставлять актуальную и дополнительную информацию для обеспечения наиболее точных знаний и поддержания непрерывного совершенствования, которые необходимы для валидации и верификации.

Необходимо отметить еще одну проблему, которую должны решать поставщики медицинских услуг и разработчики CDSS — конфиденциальность и безопасность данных [124], [125]. И как уже отмечалось, существует проблема принятие CDSS врачами [76], [126], вовлеченность конечных пользователей в процесс разработки CDSS, в конечном итоге будет способствовать их принятию и использованию на практике.

Поддержка диагностики в области визуализации используется для упорядочения изображений, где CDSS может помочь рентгенологам, патоморфологам. Коммерциализированным примером является CDSS RadWise® (qCDSM), которая помогает врачам назначать диагностические исследования, опираясь на доказательные клинические рекомендации, анализирует симптомы и сопоставляя их с большой базой данных диагнозов. qCDSM интегрируется с EHR и обеспечивает возможность документировать весь процесс взаимодействия врача и пациента [https://static1.squarespace.com/static/5bab98d9f4e53108da59ae49/t/5c4f546b6d2a730caf926182/1548702830468/RadWise_Datasheet.pdf].

CDSS которые используются для улучшения визуализации и прецизионной радиологии («radiomics»), учитывая, что анализ изображения требует обширных медицинских данных, большой объем ручной работы. В связи с этим,

 © Авторы статьи / Authors of the article

поставщикам услуг поступают запросы на технологии, которые помогут врачам извлекать, визуализировать и интерпретировать данные радиологических снимков [12], [127]. Так, в частности IBM Watson Health, DeepMind, Google и другие компании находятся в авангарде разработок продуктов для использования в обнаружении опухолей, интерпретация результатов. IBM Watson «Eyes of Watson» смогла объединить распознавание изображений сканирования мозга с распознаванием текста описаний случаев, решая задачу поддержки принятия решений, или то, что IBM описывает как «когнитивный помощник» [128].

8.1. Диагностическое сопровождение: лаборатория и патоморфология

Существует CDSS в качестве инструмента интерпретации, где референтные диапазоны теста персонализированы, например, учитывают одномоментно возраст, пол или подтипы заболеваний [12]. Некоторые CDSS можно использовать для автоматической классификации опухолей. Например, для классификации опухоли мочевого пузыря и оценки рецидива с точностью до 93%, опухолей головного мозга, компьютеризированный ЭКГ-анализ, автоматизированная интерпретация состава газов артериальной крови, составления отчетов по электрофорезу белков. Также разработана CDSS для подсчета клеток крови [129], [130].

8.2. Поддержка принятия решений, обращенная к пациенту

С появлением «Personal Health Record» (PHR) реализуется возможность интегрированной функциональности CDSS с пациентом в качестве конечного пользователя или «manager» данных. PHR — это электронная система, которая позволяет пациенту собирать, хранить и управлять своей медицинской информацией. Ключевая особенность PHR в том, что контроль над данными остаётся за самим пациентом: он сам решает, что в неё добавлять, когда обновлять и с кем делиться. Тогда как в EHR данные вносят врачи и медработники. PHR, поддерживаемые CDSS, являются идеальным инструментом для реализации совместного принятия решений пациентом и поставщиком услуг, особенно потому, что CDSS может устранить «недостаток информации» как барьер для участия пациента в диагностике и лечении. PHR часто разрабатываются как расширение коммерческого программного обеспечения EHR или как автономные веб-приложения, мобильные приложения. При подключении к EHR PHR могут иметь двустороннюю связь, при которой информация, введенная непосредственно пациентом, может быть доступна врачам, а также информация в EHR может передаваться в PHR для просмотра пациентами [131], [132]. Один из первых PHR «Patient Gateway», представлял собой просто панель мониторинга, позволяющую пациентам просматривать назначенные лекарственные препараты и результаты лабораторных исследований и интерактивно общаться со своими врачами. Другой пример — MyHealthAtVanderbilt Университета Вандербильта, PHR, полностью интегрированный в EHR. Также хорошим примером является носимый монитор глюкозы, который передает данные на устройство Apple (HealthKit) для сопровождения пациентов с диабетом. Apple сделала HealthKit совместимым с Epic EHR и Epic PHR, «MyChart», что успешно позволяет медицинским работникам отслеживать тенденции изменения уровня глюкозы у своих пациентов в период между посещениями и связываться с ними через MyChart для предоставления пациенту рекомендаций [12], [133].

Прозрачность данных и алгоритмов AI также является серьезной проблемой. Во-первых, в случае «обучения с учителем» точность прогнозов во многом зависит от точности базовых аннотаций, введенных в алгоритм. Плохо помеченные данные дадут плохие результаты. Помимо проблем с аннотациями или маркировкой, прозрачность также связана с интерпретируемостью модели. Другими словами, люди должны быть в состоянии понять или интерпретировать, как данная технология достигла определенного решения или прогнозирования (https://christophm.github.io/interpretable-ml-book/). Другая причина, по которой прозрачность важна, заключается в том, что технологии AI могут привести к алгоритмической предвзятости, тем самым усиливая дискриминационную практику по признаку расы, пола или других особенностей [27].

Стандартизация данных относится к процессу преобразования данных в общий формат, который можно понять с помощью различных инструментов и методологий, является ключевой проблемой, поскольку данные собираются разными методами для разных целей и могут храниться в широком диапазоне форматов с использованием переменных баз данных и информационных систем. Одни и те же данные (например, конкретный биомаркер, такой как глюкоза в крови) могут быть представлены разными способами в этих разных системах измерения (г/мкл, мкг/мл и т.д.). Учитывая сложность медицинских данных и огромные объемы информации о пациентах, стандартизация данных должна происходить на начальном этапе разработки, а не на стороне пользователя. Так, стандарты цифровой обработки изображений и коммуникаций в медицине (DICOM) и система архивирования и связи изображений (PACS) играют важную роль в медицинской визуализации, предоставляя платформу для управления данными. Аналогичный набор стандартов должен применяться к технологиям на основе AI для разработки последовательной номенклатуры, который облегчит согласованные методы хранения и поиска данных [27]. Одним из таких наборов стандартов, который быстро развивается во всем мире с целью клинического перевода, является структура ресурсов быстрой совместимости здравоохранения (FHIR) (Fast Healthcare Interoperability Resources, FHIR) https://www.hl7.org/fhir/summary.html.

8.3. Подготовка специалистов владеющие искусственным интеллектом

Все заинтересованные стороны должны активно участвовать в процессе внедрения AI в медицине. Сотрудники должны быть осведомлены об AI и понимать его преимущества и ограничения. Учебные программы медицинских учебных учреждений, по всей видимости, следует обновить, включив в них темы медицинской информатики, информатики и статистики. В идеальном мире врачи могли бы понимать построение алгоритмов, понимать наборы данных, лежащие в основе их результатов, и, что важно, понимать их ограничения. Влияние на навыки пользователя в рамках обучения по использованию возможностей CDSS оказывают наличие четких рекомендаций [12].

8.4. Обслуживание системы и контента

 © Авторы статьи / Authors of the article

Поддержание CDSS является важной, но часто игнорируемой частью жизненного цикла, которое включает техническое обслуживание систем, приложений и баз данных, которые должны идти в ногу с быстро меняющимся характером медицинской практики и клинических руководств.

8.5. Отсутствие транспортабельности и совместимости

Несмотря на продолжающееся развитие CDSS (и даже EHR в целом) страдают от проблем совместимости. Многие CDSS существуют как громоздкие автономные системы или существуют в системе, которая не может эффективно взаимодействовать с другими системами.

8.6. Финансовые вызовы

До 74% медицинских учреждений, которые используют CDSS, заявили, что финансовая жизнеспособность остается проблемой. Затраты на создание и интеграцию новых систем могут быть значительными. Текущие расходы могут оставаться проблемой в течение неопределенного времени, поскольку необходимо обучать новых сотрудников, а также обновлять систему. Результаты анализа затрат на реализации CDSS неоднозначны, противоречивы и скудны [12].

Таким образом по результатам проведенного анализа можно резюмировать, что к факторам, которые влияют на то, какие CDSS с большей вероятностью будут использоваться врачами, чем другие, можно отнести [77], [134], [135], [136], [137]: технологические, организационные, полезность и удобство использования, соответствие рабочим процессам, подготовленный персонал, уровень компьютерной грамотности пользователей, привлечения врачей в рамках разработки CDSS на всех этапах на постоянной основе, слабая интеграция и совместимость между системами управления данными и EHR, низкая производительность систем [138], [139], [140], [141], [142], а также [143], [144], [145].

Заключение

Подводя итог, можно сказать, что, хотя потенциал CDSS в преобразовании здравоохранения остается неоспоримым, крайне важно признать и устранить географические, культурные и образовательные барьеры и риски, которые влияют на его глобальное внедрение. Принятие во внимание этих факторов будет способствовать реализации всего потенциала CDSS в различных сферах здравоохранения. Текущее состояние исследований по CDSS является динамичным и многогранным, с постоянными усилиями по решению различных проблем и использованию возможностей для повышения его эффективности в клинических условиях. Для повышения эффективности CDSS можно выделить несколько возможностей:

– настраиваемость — изучение потенциала CDSS для решения клинических контекстов и предпочтений пользователей, что в конечном итоге повышает внедрение и полезность CDSS;

– решение этических и юридических проблем (ответственность) — по мере развития CDSS необходимо проработать такие вопросы, как конфиденциальность данных, согласие пациентов и ответственность всех сторон пользователей системы;

– дизайн, ориентированный на пользователя — разработка интуитивно понятных и простых в использовании CDSS с упором на снижение когнитивной нагрузки и информационной перегрузки для врачей;

– сотрудничество — всесторонне развитие и поощрение междисциплинарного сотрудничества между медицинскими работниками, разработчиками и специалистами по обработке данных для создания более эффективных решений CDSS;

– интеграция с EHR — работа над улучшением интеграции CDSS с EHR, уделяя особое внимание стандартам обмена данными, совместимости и безопасности данных. Разработка более эффективного взаимодействия между системами, в частности протоколов передачи данных и обеспечению доступа к информации о пациентах в режиме реального времени;

– постоянные обновления и расширение знаний — реализация усилий по повышению эффективности управления и поддержание знаний для CDSS, использование современных способов внедрения результатов актуальных медицинских исследований;

– механизмы оценки и обратной связи — оценка влияния CDSS на клинические результаты, удовлетворенность пользователей и экономическую эффективность с целью улучшения конструкции и производительности CDSS;

– прозрачный и объяснимый AI — разработка CDSS, которые предоставляют не только рекомендации, но и объяснения их рассуждений, что может помочь укрепить доверие и улучшить признание пользователями;

– постоянное совершенствование — включение циклов обратной связи и показателей эффективности в режиме реального времени для облегчения постоянного совершенствования системы и адаптации к меняющимся клиническим требованиям;

– функциональная совместимость и стандартизация — обеспечение плавной интеграции с EHR и другими системами здравоохранения посредством стандартизированных форматов данных и интерфейсов прикладного программирования;

– внедрение технологий на базе AI в здравоохранении не обеспечит дефицита работы на будущее. Необходима подготовка специалистов, ориентированных на внедрение и использование программ AI на уровне всех специальностей;

– непрерывные исследования в области разработки новых алгоритмов AI для медицинских приложений и улучшения существующих. В частности, междисциплинарное сотрудничество будет иметь решающее значение для обеспечения того, чтобы цели программистов, разрабатывающих алгоритмы, соответствовали целям врачей, оказывающих помощь пациентам. Развитие рабочей силы, прошедшей перекрестное обучение, позволит выстроить компетентное общение и сотрудничество между врачами, поставщиками медицинских услуг и специалистами по обработке данных.

 © Авторы статьи / Authors of the article

Перечисленные мероприятия нацеленные на повышение производительности и улучшение результатов разработок и внедрения CDSS, тем не менее следует помнить, что они, как и их создатели, не являются непогрешимыми. В связи с этим необходимо критически оценивать риски, ограничения и положительные стороны систем.

Таким образом, проведённый нами всесторонний анализ того, как развивались разработки и внедрения CDSS в систему здравоохранения, позволил нам оценить риски и преимущества существующих решений и послужит фундаментом для разработки отечественной CDSS, нацеленной на выявление риска предрасположенности к заболеванию и ранней диагностики меланомы. Ключевая особенность нашей системы — комплексный анализ, который сочетает в себе корреляции данных молекулярно-генетических исследований (включая панели генов-маркеров детектируемые технологией xMAP), морфологические характеристики новообразований по результатам гистологии (невусов и меланомы), демографические факторы (возраст, пол) с дальнейшей оценкой степени риска развития меланомы и метастазирования.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Дополнительного соглашения № 073-03-2026-035/1 от 21.02.2026 г. к Соглашению о предоставлении субсидии федеральному бюджетному или автономному учреждению на финансовое обеспечение выполнения государственного задания на оказание государственных услуг (выполнения работ) № 073-03-2026-035 от 23.01.2026 г., заключенного между ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова» и Министерством просвещения Российской Федерации.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

This work was carried out under Supplementary Agreement No. 073-03-2026-035/1 dated February 21, 2026, to the Agreement on the Provision of a Subsidy to a Federal Budgetary or Autonomous Institution for the Financial Support of the Performance of a State Assignment to Provide Public Services (performance of work) No. 073-03-2026-035 dated January 23, 2026, concluded between the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "I.N. Ulyanov Ulyanovsk State Pedagogical University" and the Ministry of Education of the Russian Federation.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Tavtigian S.V. Fitting a naturally scaled point system to the ACMG/AMP variant classification guidelines / S.V. Tavtigian, S.M. Harrison, K.M. Boucher [et al.] // Human Mutation. — 2020. — 41(10). — P. 1734–1737.

2. Grechuta K. Benefits of clinical decision support systems for the management of noncommunicable chronic diseases: targeted literature review / K. Grechuta, A. Shokouh, A. Alhussein [et al.] // Interactive Journal of Medical Research. — 2024. — 13. — DOI: 10.2196/58036.

3. Christie J.R. Assessing clinician performance using a multi-modality clinical decision-support system for lung cancer prognostication / J.R. Christie, K. Eddy, R.A. Malthaner [et al.] // Scientific Reports. — 2025. — 16(1). — DOI: 10.1038/s41598-025-31204-w.

4. Biffi A. Effectiveness of computerized decision support systems linked to electronic health records: An updated systematic review with meta-analysis / A. Biffi, G. Castellini, G. del Castillo [et al.] // International Journal of Medical Informatics. — 2026. — 207. — DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2025.105625.

5. Domingues N.S. A hybrid decision support system using rule-based and AI methods: the OnCATs knowledge-based framework / N.S. Domingues // International Journal of Medical Informatics. — 2026. — 206.

6. Cheung A. The organizational and clinical impact of integrating bedside equipment to an information system: a systematic literature review of patient data management systems (PDMS) / A. Cheung, F.H.P. van Velden, V. Lagerburg [et al.] // International Journal of Medical Informatics. — 2015. — 84(3). — P. 155–165.

7. Marasinghe K.M. Computerised clinical decision support systems to improve medication safety in long-term care homes: a systematic review / K.M. Marasinghe // BMJ Open. — 2015. — 5(5). — DOI: 10.1136/bmjopen-2014-006539.

8. Kooij L. The Effectiveness of information technology-supported shared care for patients with chronic disease: A systematic review / L. Kooij, W.G. Groen, W.H. van Harten // Journal of Medical Internet Research. — 2017. — 19(6). — DOI: 10.2196/jmir.7487.

9. Agarwal S. Digital tracking, provider decision support systems, and targeted client communication via mobile devices to improve primary health care / S. Agarwal, L. Vasudevan, T. Tamrat [et al.] // Cochrane Database of Systematic Reviews. — 2018. — 1. — DOI: 10.1002/14651858.CD012925.

10. Moghadam S.T. The effects of clinical decision support system for prescribing medication on patient outcomes and physician practice performance: a systematic review and meta-analysis / S.T. Moghadam, F. Sadoughi, F. Velayati [et al.] // BMC Medical Informatics and Decision Making. — 2021. — 21(1). — DOI: 10.1186/s12911-020-01376-8.

11. Fraser H. Safety of patient-facing digital symptom checkers / H. Fraser, E. Coiera, D. Wong // The Lancet. — 2018. — 392(10161). — P. 2263–2264.

12. Sutton R.T. An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success / R.T. Sutton, D. Pincock, D.C. Baumgart [et al.] // npj Digital Medicine. — 2020. — 30(1). — DOI: 10.1038/s41746-020-0221-y.

 © Авторы статьи / Authors of the article

13. Stead W.W. Biomedical informatics: changing what physicians need to know and how they learn / W.W. Stead, J.R. Searle, H.E. Fessler [et al.] // Academic Medicine. — 2011. — 86(4). — P. 429–434.

14. Graber M.L. Cognitive interventions to reduce diagnostic error: a narrative review / M.L. Graber, S. Kissam, V.L. Payne [et al.] // BMJ Quality & Safety. — 2012. — 21(7). — P. 535–557.

15. Kaul V. History of artificial intelligence in medicine / V. Kaul, S. Enslin, S.A. Gross // Gastrointestinal Endoscopy. — 2020. — 92(4). — P. 807–812.

16. Ramesh A.N. Artificial intelligence in medicine / A.N. Ramesh, C. Kambhampati, J.R. Monson [et al.] // Annals of The Royal College of Surgeons of England. — 2004. — 86(5). — P. 334–338.

17. Greenhill A.T. A primer of AI in medicine / A.T. Greenhill, R. Edmunds // Techniques and Innovations in Gastrointestinal Endoscopy. — 2019. — 22(2). — P. 85–89.

18. Malik A. P. Overview of artificial intelligence in medicine / A. P. Malik, M. Pathania [et al.] // Journal of Family Medicine and Primary Care. — 2019. — 8(7). — P. 2328–2331.

19. Ruffle J.K. Artificial intelligence-assisted gastroenterology-promises and pitfalls / J.K. Ruffle, A.D. Farmer, Q. Aziz // The American Journal of Gastroenterology. — 2019. — 114(3). — P. 422–428.

20. Mamlin B.W. Promise of Information and Communication Technology in Healthcare: Extracting Value From the Chaos / B.W. Mamlin, W.M. Tierney // The American Journal of the Medical Sciences. — 2016. — 351(1). — P. 59–68.

21. Wasylewicz A.T.M. Fundamentals of Clinical Data Science / A.T.M. Wasylewicz, M.J.W. Scheepers-Hoeks. — Cham : Springer, 2018. — 216 p.

22. Drowning in Big Data? Reducing Information Technology Complexities and Costs For Healthcare Organizations : white paper / Frost & Sullivan. — San Antonio : Frost & Sullivan, 2012.

23. Engesser C. Clinical decision making in prostate cancer care-evaluation of EAU-guidelines use and novel decision support software / C. Engesser, M. Henkel, V. Alargkof [et al.] // Scientific Reports. — 2024. — 14(1). — DOI: 10.1038/s41598-024-70292-y.

24. van der Sijs H. Overriding of drug safety alerts in computerized physician order entry / H. van der Sijs, J. Aarts, A. Vulto [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2006. — 13(2). — P. 138–147.

25. van der Sijs H. Drug safety alert generation and overriding in a large Dutch university medical centre / H. van der Sijs, A. Mulder, T. van Gelder [et al.] // Pharmacoepidemiology and Drug Safety. — 2009. — 18(10). — P. 941–947.

26. Henkel S.M. Structured data acquisition in oncology / S.M. Henkel, B. Stieltjes // Oncology. — 2020. — 98(6). — P. 423–429.

27. He J. The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine / J. He, S.L. Baxter, J. Xu [et al.] // Nature Medicine. — 2019. — 25(1). — P. 30–36.

28. Shortell S.M. Improving patient care by linking evidence-based medicine and evidence-based management / S.M. Shortell, T.G. Rundall, J. Hsu // JAMA. — 2007. — 298(6). — P. 673–676.

29. Rea S. Building a robust, scalable and standards-driven infrastructure for secondary use of EHR data: the SHARPn project / S. Rea, J. Pathak, G. Savova [et al.] // Journal of Biomedical Informatics. — 2012. — 45(4). — P. 763–771.

30. Klann J.G. Query Health: standards-based, cross-platform population health surveillance / J.G. Klann, M.D. Buck, J. Brown [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2014. — 21(4). — P. 650–656.

31. Rasmussen L.V. Modular Architecture for Electronic Health Record-Driven Phenotyping / L.V. Rasmussen, R.C. Kiefer, H. Mo [et al.] // AMIA Joint Summits on Translational Science Proceedings. — 2015. — 2015. — P. 147–151.

32. A universal truth: No health without workforce : report. — Geneva : World Health Organization, 2013. — 101 p.

33. Kleppe A. A clinical decision support system optimising adjuvant chemotherapy for colorectal cancers by integrating deep learning and pathological staging markers: a development and validation study / A. Kleppe, O.-J. Skrede, S.De Raedt [et al.] // The Lancet Oncology. — 2022. — 23(9). — P. 1221–1232.

34. O'Connor G.T. Bayesian reasoning in medicine: the contributions of Lee B. Lusted, MD / G.T. O'Connor, H.C. Sox Jr. // Medical Decision Making. — 1991. — 11(2). — P. 107–111.

35. Yamada R.H. An overview of computers in medicine / R.H. Yamada // Canadian Family Physician. — 1968. — 14(3). — P. 15–17.

36. Kulikowski C.A. Beginnings of artificial intelligence in medicine (AIM): computational artifice assisting scientific inquiry and clinical art-with reflections on present AIM challenges / C.A. Kulikowski // Yearbook of Medical Informatics. — 2019. — 28(1). — P. 249–256.

37. Moran M.E. Evolution of robotic arms / M.E. Moran // Journal of Robotic Surgery. — 2007. — 1(2). — P. 103–111.

38. Shortliffe E.H. Computer-based consultations in clinical therapeutics: explanation and rule acquisition capabilities of the MYCIN system / E.H. Shortliffe, R. Davis, S.G. Axline [et al.] // Computers and Biomedical Research. — 1975. — 8(4). — P. 303–320.

39. Middleton B. Clinical Decision Support: a 25 Year Retrospective and a 25 Year Vision / B. Middleton, D.F. Sittig, A. Wright // Yearbook of Medical Informatics. — 2016. — 25(1). — P. S103–S116.

40. Bates D.W. The impact of computerized physician order entry on medication error prevention / D.W. Bates, J.M. Teich, J. Lee [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 1999. — 6(4). — P. 313–321.

41. Nielsen A.L. Drug dosing in patients with renal insufficiency in a hospital setting using electronic prescribing and automated reporting of estimated glomerular filtration rate / A.L. Nielsen, D.P. Henriksen, C. Marinakis [et al.] // Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology. — 2014. — 114(5). — P. 407–413.

42. Samal L. Effect of a laboratory result pager on provider behavior in a neonatal intensive care unit / L. Samal, T.A. Stavroudis, C.U. Lehmann [et al.] // AMIA Annual Symposium Proceedings. — 2008. — 2008. — P. 1121.

43. Hibbs S.P. The impact of electronic decision support on transfusion practice: a systematic review / S.P. Hibbs, N.D. Nielsen, S. Brunskill [et al.] // Transfusion Medicine Reviews. — 2015. — 29(1). — P. 14–23.

 © Авторы статьи / Authors of the article

44. Manrique-Rodríguez S. Smart pump alerts: all that glitters is not gold / S. Manrique-Rodríguez, A. Sánchez-Galindo, C.M. Fernández-Llamazares [et al.] // International Journal of Medical Informatics. — 2012. — 81(5). — P. 344–350.

45. Embi P.J. Impacts of computerized physician documentation in a teaching hospital: perceptions of faculty and resident physicians / P.J. Embi, T.R. Yackel, J.R. Logan [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2004. — 11(4). — P. 300–309.

46. Chen Z. Harnessing the power of clinical decision support systems: challenges and opportunities / Z. Chen, N. Liang, H. Zhang [et al.] // Open Heart. — 2023. — 10(2).

47. Sim I. Clinical Decision Support Systems for the Practice of Evidence-based Medicine / I. Sim, P. Gorman, R.A. Greenes [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2001. — 8(6). — P. 527–533.

48. Ferrucci D. Watson: Beyond Jeopardy! / D. Ferrucci, A. Levas, S. Bagchi [et al.] // Artificial Intelligence. — 2013. — 199-200. — P. 93–05.

49. Fonseca C.G. The cardiac atlas project-an imaging database for computational modeling and statistical atlases of the heart / C.G. Fonseca, M. Backhaus, D.A. Bluemke [et al.] // Bioinformatics. — 2011. — 27(16). — P. 2288–2295.

50. Jimenez-Del-Toro O. Cloud-based evaluation of anatomical structure segmentation and landmark detection algorithms: VISCERAL anatomy benchmarks / O. Jimenez-Del-Toro // IEEE Transactions on Medical Imaging. — 2016. — 35. — P. 2459–2475.

51. Eppenga W.L. Comparison of a basic and an advanced pharmacotherapy-related clinical decision support system in a hospital care setting in the Netherlands / W.L. Eppenga, H.J. Derijks, J.M. Conemans [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2012. — 19(1). — P. 66–71.

52. Garg A.X. Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: a systematic review / A.X. Garg, N.K. Adhikari, H. McDonald [et al.] // JAMA. — 2005. — 293(10). — P. 1223–1238.

53. Kuperman G.J. Medication-related clinical decision support in computerized provider order entry systems: a review / G.J. Kuperman, A. Bobb, T.H. Payne [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2007. — 14(1). — P. 29–40.

54. Arterys: medical imaging cloud AI. — URL: https://arterys.com/ (accessed: 04.08.2026)

55. Gargeya R. Automated identification of diabetic retinopathy using deep learning / R. Gargeya, T. Leng // Ophthalmology. — 2017. — 124(7). — P. 962–969.

56. Esteva A. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks / A. Esteva, B. Kuprel, R.A. Novoa // Nature. — 2017. — 542(7639). — P. 115–118.

57. Weng S.F. Can machine-learning improve cardiovascular risk prediction using routine clinical data? / S.F. Weng, J. Reps, J. Kai // PLoS One. — 2017. — 12(4). — DOI: 10.1371/journal.pone.0174944.

58. Mathotaarachchi S. Identifying incipient dementia individuals using machine learning and amyloid imaging / S. Mathotaarachchi, T.A. Pascoal, M. Shin // Neurobiology of Aging. — 2017. — 59. — P. 80–90.

59. Fleck D.E. Prediction of lithium response in first-episode mania using the LITHium Intelligent Agent (LITHIA): pilot data and proof-of-concept / D.E. Fleck, N. Ernest, C.M. Adler [et al.] // Bipolar Disorders. — 2017. — 19(4). — P. 259–272.

60. Sato F. Prediction of survival in patients with esophageal carcinoma using artificial neural networks / F. Sato, Y. Shimada, F.M. Selaru // Cancer. — 2005. — 103(8). — P. 1596–1605.

61. Peng J.C. Seasonal variation in onset and relapse of IBD and a model to predict the frequency of onset, relapse, and severity of IBD based on artificial neural network / J.C. Peng, Z.H. Ran, J. Shen // International Journal of Colorectal Disease. — 2015. — 30(9). — P. 1267–1273.

62. de Bruin J.S. Assessing the feasibility of a mobile health-supported clinical decision support system for nutritional triage in oncology outpatients using Arden Syntax / J.S. de Bruin, C. Schuh, W. Seeling [et al.] // Artificial Intelligence in Medicine. — 2018. — 92. — P. 34–42.

63. Cazacu I.M. Artificial intelligence in pancreatic cancer: toward precision diagnosis / I.M. Cazacu, A. Udristoiu, L.G. Gruionu // Endoscopic Ultrasound. — 2019. — 8(6). — P. 357–359.

64. Hoogenboom S.A. AI in gastroenterology. The current state of play and the potential. How will it affect our practice and when? / S.A. Hoogenboom, U. Bagci, M.B. Wallace // Techniques and Innovations in Gastrointestinal Endoscopy. — 2019. — 22(2). — P. 42–47.

65. Le Berre C. Application of artificial intelligence to gastroenterology and hepatology / C. Le Berre, W.J. Sandborn, S. Aridhi [et al.] // Gastroenterology. — 2020. — 158(1). — P. 76–94.

66. Kordes M. Consistency of a clinical decision support system with molecular tumour board recommendations for tumour sequencing-guided treatment of pancreatic cancer / M. Kordes, L. Malgerud, J.-E. Frödin [et al.] // ESMO Gastrointestinal Oncology. — 2024. — 5. — DOI: 10.1016/j.esmog.2024.100031.

67. Developing Software Precertification Program: A Working Model / U.S. Food & Drug Administration. — Silver Spring : U.S. Food and Drug Administration, 2018. — 98 p.

68. Goverdhan A. Comparison of somatic variant oncogenicity classification using ClinGen/CGC/VICC guidelines and QIAGEN Clinical Insight Interpret decision support software / A. Goverdhan, L. Mullineaux, A. Pryzbylski [et al.] // Cancer Genetics. — 2025. — 298–299. — P. 151–158.

69. Diaz-Ramón J.L. Melanoma clinical decision support system: an artificial intelligence-based tool to diagnose and predict disease outcome in early-stage melanoma patients / J.L. Diaz-Ramón, J. Gardeazabal, R.M. Izu [et al.] // Cancers. — 2023. — 15(7). — DOI: 10.3390/cancers15072174.

70. Musen M.A. Clinical decision-support systems / M.A. Musen, Y. Shahar, E.H. Shortliffe. — London ; New York : Springer, 2014. — 674 p.

71. Deo R.C. Machine learning in medicine / R.C. Deo // Circulation. — 2015. — 132(20). —P. 1920–1930.

 © Авторы статьи / Authors of the article

72. Latoszek-Berendsen A. From clinical practice guidelines to computer-interpretable guidelines. A literature overview / A. Latoszek-Berendsen, H. Tange, H.J. van den Herik [et al.] // Methods of Information in Medicine. — 2010. — 49(6). — P. 550–570.

73. Zeiger R.F. McGraw-Hill's Diagnosaurus / R.F. Zeiger. — New York : McGraw-Hill Education, 2018. — URL: http://accessmedicine.mhmedical.com/diagnosaurus.aspx (accessed: 04.08.2026).

74. Bright T.J. Effect of clinical decision-support systems: a systematic review / T.J. Bright, A. Wong, R. Dhurjati // Annals of Internal Medicine. — 2012. — 157(1). — P. 29–43.

75. Roshanov P.S. Features of effective computerised clinical decision support systems: meta-regression of 162 randomised trials / P.S. Roshanov, N. Fernandes, J.M. Wilczynski [et al.] // BMJ. — 2013. — 346. — DOI: 10.1136/bmj.f657.

76. Kwan J.L. Computerised clinical decision support systems and absolute improvements in care: meta-analysis of controlled clinical trials / J.L. Kwan, L. Lo, J. Ferguson [et al.] // BMJ. — 2020. — 370. — DOI: 10.1136/bmj.m3216.

77. Newton N. A systematic review of clinicians' acceptance and use of clinical decision support systems over time / N. Newton, A. Bamgboje-Ayodele, R. Forsyth [et al.] // NPJ Digital Medicine. — 2025. — 8(1). — DOI: 10.1038/s41746-025-01662-7.

78. Khairat S. Reasons For Physicians Not Adopting Clinical Decision Support Systems: Critical Analysis / S. Khairat, D. Marc, W. Crosby [et al.] // JMIR Medical Informatics. — 2018. — 6(2). — DOI: 10.2196/medinform.8912.

79. Singh R.R. Evaluating IBM Watson's Role in Oncology Treatment Decisions: A Case Study on AI-Based Clinical Decision Support / R.R. Singh, A. Garg // Hematological Disorders in the Single-Cell Era. — 2025. — 1(2). — P. 21–32.

80. Carey M. The patient perspective on errors in cancer care: results of a cross-sectional survey / M. Carey, A.W. Boyes, J. Bryant [et al.] // Journal of Patient Safety. — 2019. — 15(4). — P. 322–327.

81. Meunier P.Y. Barriers and facilitators to the use of clinical decision support systems in primary care: a mixed-methods systematic review / P.Y. Meunier, C. Raynaud, E. Guimaraes, F. Gueyffier [et al.] // Annals of Family Medicine. – 2023. – 21(1). – P. 57–69.

82. Kim K. Evaluation of IBM Watson for Oncology in lung cancer treatment decisions / K. Kim, J. H. Kim, Y. Lee // Cancer Research and Treatment. – 2019. – 51(2). – P. 631–639.

83. Ившин А.А. Искусственный интеллект: предиктивная аналитика перинатального риска / А.А. Ившин, А.В. Гусев, Р. Э. Новицкий / Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. — 2020. — 19(6). — С. 133–144.

84. El-Deiry W.S. The current state of molecular testing in the treatment of patients with solid tumors, 2019 / W.S. El-Deiry, R.M. Goldberg, H.J. Lenz [et al.] // CA: A Cancer Journal for Clinicians. — 2019. — 69(4). — P. 305–343.

85. Haslam A. Updated estimates of eligibility for and response to genome-targeted oncology drugs among US cancer patients, 2006–2020 / A. Haslam, M.S. Kim, V. Prasad // Annals of Oncology. — 2021. — 32(7). — P. 926–932.

86. Soldatos T.G. Precision oncology-the quest for evidence / T.G. Soldatos, S. Kaduthanam, D.B. Jackson // Journal of Personalized Medicine. — 2019. — 9(3). — DOI: 10.3390/jpm9030043.

87. Tamborero D. Support systems to guide clinical decision-making in precision oncology: the Cancer Core Europe Molecular Tumor Board Portal / D. Tamborero, R. Dienstmann, M.H. Rachid [et al.] // Nature Medicine. — 2021. — 26(7). — P. 992–994.

88. Horak P. Standards for the classification of pathogenicity of somatic variants in cancer (oncogenicity): joint recommendations of Clinical Genome Resource (ClinGen), Cancer Genomics Consortium (CGC), and Variant Interpretation for Cancer Consortium (VICC) / P. Horak, M. Griffith, A.M. Danos [et al.] // Genetics in Medicine. — 2022. — 24(5). — P. 986–998.

89. Manganelli M. Skin photodamage and melanomagenesis: A comprehensive review / M. Manganelli, G. Stabile, C. Scharf [et al.] // Cancers. — 2025. — 17(11). — DOI: 10.3390/cancers17111784.

90. Druskovich C. A review of melanoma subtypes: genetic and treatment considerations / C. Druskovich, J. Kelley, J. Aubrey [et al.] // Journal of Surgical Oncology. — 2025. — 131(3). — P. 356–364.

91. Peña-Martín, J. Identification of novel biomarkers in the early diagnosis of malignant melanoma by untargeted liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry-based metabolomics: a pilot study / J. Peña-Martín, M.B. García-Ortega, J.L. Palacios-Ferrer [et al.] // British Journal of Dermatology. — 2024. — 190(5). — P. 740–750.

92. Siegel R.L. Cancer Statistics, 2021 / R.L. Siegel, K.D. Miller, H.E. Fuchs, A. Jemal // CA: A Cancer Journal for Clinicians. — 2021. — 71(1). — P. 7–33.

93. Huang J. Global incidence, mortality, risk factors and trends of melanoma: a systematic analysis of registries / J. Huang, S.C. Chan, S. Ko [et al.] // American Journal of Clinical Dermatology. — 2023. — 24(6). — P. 965–975.

94. Spaccarelli N. Dysplastic nevus part II: Molecular/genetic profiles and management / N. Spaccarelli, R. Drozdowski, M.S. Peters, J.M. Grant-Kels // Journal of the American Academy of Dermatology. — 2023. — 88(1). — P. 13–20.

95. Wolchok J.D. Nivolumab and Ipilimumab in Advanced Melanoma / J.D. Wolchok, L. Rollin, J. Larkin // The New England Journal of Medicine. — 2017. — 377(26). — P. 2503–2504.

96. Ohshima K. The landscape of cancer metabolism as a therapeutic target / K. Ohshima // Pathology International. — 2025. — 75(8). — P. 387–402.

97. Bartusik-Aebisher D. Detection of protein and metabolites in cancer analyses by MALDI 2000–2025 / D. Bartusik-Aebisher, D.R.J. Raj, D. Aebisher // Cancers. — 2025. — 17(21). — DOI: 10.3390/cancers17213524.

98. Классификация опухолей TNM: руководство и атлас / American Joint Committee on Cancer ; под редакцией И.В. Поддубной [и др.]. — Опухоли головы и шеи. Рак молочной железы. Онкогинекология. Онкоурология. — Москва : Практическая медицина, 2022. — 398 с. — ISBN 978-5-98811-592-2.

99. Garbe C. European consensus-based interdisciplinary guideline for melanoma. Part 2: Treatment – Update 2024 / C. Garbe, T. Amaral, K. Peris [et al.] ; European association of dermato-oncology (EADO), the European dermatology forum

(EDF), and the European organization for research and treatment of cancer (EORTC) // European Journal of Cancer. — 2025. — 215. — DOI: 10.1016/j.ejca.2024.115153.

100. See S.H.C. The diagnostic utility of PRAME and p16 in distinguishing nodal nevi from nodal metastatic melanoma / S.H.C. See, B.S. Finkelman, A.V. Yeldandi // Pathology: Research and Practice. — 2020. — 216. — P. 153105.

101. Cho-Vega J.H. Diagnostic application of cyclin D1 fluorescent in situ hybridization for histologically undetermined early lesions of acral melanoma in situ: A case series / J.H. Cho-Vega, T. Cao, J. Ledon [et al.] // Annals of Diagnostic Pathology. — 2021. — 50. — DOI: 10.1016/j.anndiagpath.2020.151681.

102. Blundo A. Comparative analysis of diagnostic techniques for melanoma detection: a systematic review of diagnostic test accuracy studies and meta-analysis / A. Blundo, A. Cignoni, T. Banfi [et al.] // Frontiers in Medicine. — 2021. — 8. — DOI: 10.3389/fmed.2021.637069.

103. Whiteman D.C. The effect of screening on melanoma incidence and biopsy rates / D.C. Whiteman, C.M. Olsen, S. MacGregor [et al.] // British Journal of Dermatology. — 2022. — 187(4). — P. 515–522.

104. Zhang H. Mass spectrometry imaging for spatially resolved multi-omics molecular mapping / H. Zhang, K.H. Lu, M. Ebbini [et al.] // NPJ Imaging. — 2024. — 2(1). — P. 15.

105. Ebbelaar C.F. Genome-wide copy number variations as molecular diagnostic tool for cutaneous intermediate melanocytic lesions: A systematic review and individual patient data meta-analysis / C.F. Ebbelaar, A.M.L. Jansen, L.T. Bloem [et al.] // Virchows Archiv. — 2021. — 479(4). — P. 797–807.

106. Lentsch G. Research Techniques Made Simple: Emerging Imaging Technologies for Noninvasive Optical Biopsy of Human Skin / G. Lentsch, E.G. Baugh, B. Lee [et al.] // Journal of Investigative Dermatology. — 2022. — 142(5). — P. 1243–1252.

107. Bajaj S. Melanoma prognosis: accuracy of the american joint committee on cancer staging manual eighth edition / S. Bajaj, D. Donnelly, M. Call [et al.] // Journal of the National Cancer Institute. — 2020. — 112(9). — P. 921–928.

108. Arozarena I. Phenotype plasticity as enabler of melanoma progression and therapy resistance / I. Arozarena, C. Wellbrock // Nature Reviews Cancer. — 2019. — 19(7). — P. 377–391.

109. Marconi A. In Vivo Melanoma Cell Morphology Reflects Molecular Signature and Tumor Aggressiveness / A. Marconi, M. Quadri, F. Farnetani [et al.] // Journal of Investigative Dermatology. — 2022. — 142(9). — P. 2205–2216.

110. Mancuso F. Serum markers improve current prediction of metastasis development in early-stage melanoma patients: A machine learning-based study / F. Mancuso, S. Lage, J. Rasero [et al.] // Molecular Oncology. — 2020. — 14(8). — P. 1705–1718.

111. Penas C. RKIP Regulates Differentiation-Related Features in Melanocytic Cells / C. Penas, A. Apraiz, I. Muñoa [et al.] // Cancers. — 2020. — 12(6). — DOI: 10.3389/fmed.2021.637069.

112. Shah N.R. Anticipating and addressing challenges during implementation of clinical decision support systems / N.R. Shah, V. Khetpal, S. Erqou // JAMA Network Open. — 2022. — 5(2). — DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2021.46528.

113. Medical Subject Headings (MeSH). — 2017. — URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh?term=alert%20fatigue (accessed: 04.08.2026).

114. Khalifa M. Improving utilization of clinical decision support systems by reducing alert fatigue: Strategies and recommendations / M. Khalifa, I. Zabani // Studies in Health Technology and Informatics. — 2016. — 226. — P. 51–54.

115. Osheroff J. Improving outcomes with clinical decision support: an implementer’s guide / J. Osheroff, E. Pifer, J. Teich [et al.]. — Chicago : Health Information Management and Systems Society, 2005. — 164 p.

116. Koutkias V. Contributions from the 2017 Literature on Clinical Decision Support / V. Koutkias, J. Bouaud // Yearbook of Medical Informatics. — 2018. — 27(1). — P. 122–128.

117. SNOMED CT. — 2018. — URL: https://www.snomed.org/snomed-ct/get-snomed-ct/ (accessed: 04.08.2026).

118. Sittig D.F. A survey of informatics platforms that enable distributed comparative effectiveness research using multi-institutional heterogenous clinical data / D.F. Sittig, B.L. Hazlehurst, J. Brown [et al.] // Medical Care. — 2012. — 50. — P. S49–S59.

119. Samwald M. The Arden Syntax standard for clinical decision support: experiences and directions / M. Samwald, K. Fehre, J. de Bruin [et al.] // Journal of Biomedical Informatics. — 2012. — 45(4). — P. 711–718.

120. Greenes R. The morningside initiative: collaborative development of a knowledge repository to accelerate adoption of clinical decision support / R. Greenes, M. Bloomrosen, N. E. Brown-Connolly [et al.] // The Open Medical Informatics Journal. — 2010. — 4. — P. 278–290.

121. Boxwala A.A. A multi-layered framework for disseminating knowledge for computer-based decision support / A.A. Boxwala, B.H. Rocha, S. Maviglia [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2011. — 18(1). — P. i132–i139.

122. Peleg M. Computer-interpretable clinical guidelines: a methodological review / M. Peleg // Journal of Biomedical Informatics. — 2013. — 46(4). — P. 744–763.

123. Freimuth R.R. Evaluation of RxNorm for Medication Clinical Decision Support / R.R. Freimuth, K. Wix, Q. Zhu [et al.] // AMIA Annual Symposium Proceedings. — 2014. — 2014. — P. 554–563.

124. Liu X. Privacy-preserving patient-centric clinical decision support system on naive Bayesian classification / X. Liu, R. Lu, J. Ma [et al.] // IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics. — 2015. — 20(2). — P. 655–668.

125. Bhate C. Time to revisit the health insurance portability and accountability act (HIPAA)? Accelerated telehealth adoption during the COVID-19 pandemic / C. Bhate, C.H. Ho, R.T. Brodell // Journal of the American Academy of Dermatology. — 2020. — 83(4). — P. e313–e314.

126. Lu Y. Clinical decision support in cardiovascular medicine / Y. Lu, E.R. Melnick, H.M. Krumholz // BMJ. — 2022. — 377. — DOI: 10.1136/bmj-2020-059818.

 © Авторы статьи / Authors of the article

127. Oakden-Rayner L. Precision Radiology: predicting longevity using feature engineering and deep learning methods in a radiomics framework / L. Oakden-Rayner [et al.] // Scientific Reports. — 2017. — 7. — DOI: 10.1038/s41598-017-01931-w.

128. IBM Watson for Oncology // IBM Watson Health. — 2018. — URL: https://www.ibm.com/watson/health/oncology-and-genomics/oncology/ (accessed: 04.08.2026).

129. Tsolaki E. Fast spectroscopic multiple analysis (FASMA) for brain tumor classification: a clinical decision support system utilizing multi-parametric 3T MR data / E. Tsolaki [et al.] // International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery. — 2015. — 10(7). — P. 1149–1166.

130. Spyridonos P. A computer-based diagnostic and prognostic system for assessing urinary bladder tumour grade and predicting cancer recurrence / P. Spyridonos, D. Cavouras, P. Ravazoula [et al.] // Medical Informatics and the Internet in Medicine. — 2002. — 27(2). — P. 111–122.

131. Fuji K.T. Standalone personal health records in the United States: meeting patient desires / K.T. Fuji [et al.] // Health and Technology. — 2012. — 2(3). — P. 197–205.

132. Davis S. Shared decision-making using personal health record technology: a scoping review at the crossroads / S. Davis, A. Roudsari, R. Raworth [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2017. — 24(4). — P. 857–866.

133. Kumar R.B. Automated integration of continuous glucose monitor data in the electronic health record using consumer technology / R.B. Kumar, N.D. Goren, D.E. Stark [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2016. — 23(3). — P. 532–537.

134. Bates D.W. Ten commandments for effective clinical decision support: making the practice of evidence-based medicine a reality / D.W. Bates, G.J. Kuperman, S. Wang [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2003. — 10(6). — P. 523–530.

135. Liu J. Decision tools in health care: focus on the problem, not the solution / J. Liu, J.C. Wyatt, D.G. Altman // BMC Medical Informatics and Decision Making. — 2006. — P. 6.

136. Linder J.A. Barriers to electronic health record use during patient visits / J.A. Linder, J L. Schnipper, R. Tsurikova [et al.] // AMIA Annual Symposium Proceedings. — 2006. — P. 499–503.

137. Lorenzi N. Accelerating the deployment of a health information technology and informatics workforce through education, training, research, and evaluation / N. Lorenzi, M. Bloomrosen // Studies in Health Technology and Informatics. — 2011. — 170. — P. 113–121.

138. Vedel I. Healthcare professionals' adoption and use of a clinical information system (CIS) in primary care: Insights from the Da Vinci study / I. Vedel, L. Lapointe, M.-T. Lussier [et al.] // International Journal of Medical Informatics. — 2012. — 81(2). — P. 73–87.

139. Devaraj S. Barriers and facilitators to clinical decision support systems adoption: a systematic review / S. Devaraj, S.K. Sharma, D.J. Fausto [et al.] // Journal of Business Administration Research. — 2014. — 3(2). — P. 36–53.

140. Kilsdonk E. Factors influencing implementation success of guideline-based clinical decision support systems: a systematic review and gaps analysis / E. Kilsdonk, L.W. Peute, M.W. Jaspers // International Journal of Medical Informatics. — 2017. — 98. — P. 56–64.

141. Wright A. Reduced effectiveness of interruptive drug-drug interaction alerts after conversion to a commercial electronic health record / A. Wright [et al.] // Journal of General Internal Medicine. — 2018. — 33(11). — P. 1868–1876.

142. Camacho J. A conceptual framework to study the implementation of clinical decision support systems (BEAR): literature review and concept mapping / J. Camacho, M. Zanoletti-Mannello, Z. Landis-Lewis [et al.] // Journal of Medical Internet Research. — 2020. — 22(8). — DOI: 10.2196/18388.

143. Lichtner V. Electronic ordering and the management of treatment interdependencies: a qualitative study of paediatric chemotherapy / V. Lichtner, B. D. Franklin, L. Dalla-Pozza [et al.] // BMC Medical Informatics and Decision Making. — 2020. — 20(1). — DOI: 10.1186/s12911-020-01212-z.

144. Henry K.E. Human-machine teaming is key to AI adoption: clinicians' experiences with a deployed machine learning system / K.E. Henry, R. Kornfield, A. Sridharan [et al.] // NPJ Digital Medicine. — 2022. — 5. — DOI: 10.1038/s41746-022-00597-7.

145. Abell B. Identifying barriers and facilitators to successful implementation of computerized clinical decision support systems in hospitals: a NASSS framework-informed scoping review / B. Abell, S. Naicker, D. Rodwell [et al.]. // Implementation Science. — 2023. — 18(1). — DOI: 10.1186/s13012-023-01286-z.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Tavtigian S.V. Fitting a naturally scaled point system to the ACMG/AMP variant classification guidelines / S.V. Tavtigian, S.M. Harrison, K.M. Boucher [et al.] // Human Mutation. — 2020. — 41(10). — P. 1734–1737.

2. Grechuta K. Benefits of clinical decision support systems for the management of noncommunicable chronic diseases: targeted literature review / K. Grechuta, A. Shokouh, A. Alhussein [et al.] // Interactive Journal of Medical Research. — 2024. — 13. — DOI: 10.2196/58036.

3. Christie J.R. Assessing clinician performance using a multi-modality clinical decision-support system for lung cancer prognostication / J.R. Christie, K. Eddy, R.A. Malthaner [et al.] // Scientific Reports. — 2025. — 16(1). — DOI: 10.1038/s41598-025-31204-w.

4. Biffi A. Effectiveness of computerized decision support systems linked to electronic health records: An updated systematic review with meta-analysis / A. Biffi, G. Castellini, G. del Castillo [et al.] // International Journal of Medical Informatics. — 2026. — 207. — DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2025.105625.

 © Авторы статьи / Authors of the article

5. Domingues N.S. A hybrid decision support system using rule-based and AI methods: the OnCATs knowledge-based framework / N.S. Domingues // International Journal of Medical Informatics. — 2026. — 206.

6. Cheung A. The organizational and clinical impact of integrating bedside equipment to an information system: a systematic literature review of patient data management systems (PDMS) / A. Cheung, F.H.P. van Velden, V. Lagerburg [et al.] // International Journal of Medical Informatics. — 2015. — 84(3). — P. 155–165.

7. Marasinghe K.M. Computerised clinical decision support systems to improve medication safety in long-term care homes: a systematic review / K.M. Marasinghe // BMJ Open. — 2015. — 5(5). — DOI: 10.1136/bmjopen-2014-006539.

8. Kooij L. The Effectiveness of information technology-supported shared care for patients with chronic disease: A systematic review / L. Kooij, W.G. Groen, W.H. van Harten // Journal of Medical Internet Research. — 2017. — 19(6). — DOI: 10.2196/jmir.7487.

9. Agarwal S. Digital tracking, provider decision support systems, and targeted client communication via mobile devices to improve primary health care / S. Agarwal, L. Vasudevan, T. Tamrat [et al.] // Cochrane Database of Systematic Reviews. — 2018. — 1. — DOI: 10.1002/14651858.CD012925.

10. Moghadam S.T. The effects of clinical decision support system for prescribing medication on patient outcomes and physician practice performance: a systematic review and meta-analysis / S.T. Moghadam, F. Sadoughi, F. Velayati [et al.] // BMC Medical Informatics and Decision Making. — 2021. — 21(1). — DOI: 10.1186/s12911-020-01376-8.

11. Fraser H. Safety of patient-facing digital symptom checkers / H. Fraser, E. Coiera, D. Wong // The Lancet. — 2018. — 392(10161). — P. 2263–2264.

12. Sutton R.T. An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success / R.T. Sutton, D. Pincock, D.C. Baumgart [et al.] // npj Digital Medicine. — 2020. — 30(1). — DOI: 10.1038/s41746-020-0221-y.

13. Stead W.W. Biomedical informatics: changing what physicians need to know and how they learn / W.W. Stead, J.R. Searle, H.E. Fessler [et al.] // Academic Medicine. — 2011. — 86(4). — P. 429–434.

14. Graber M.L. Cognitive interventions to reduce diagnostic error: a narrative review / M.L. Graber, S. Kissam, V.L. Payne [et al.] // BMJ Quality & Safety. — 2012. — 21(7). — P. 535–557.

15. Kaul V. History of artificial intelligence in medicine / V. Kaul, S. Enslin, S.A. Gross // Gastrointestinal Endoscopy. — 2020. — 92(4). — P. 807–812.

16. Ramesh A.N. Artificial intelligence in medicine / A.N. Ramesh, C. Kambhampati, J.R. Monson [et al.] // Annals of The Royal College of Surgeons of England. — 2004. — 86(5). — P. 334–338.

17. Greenhill A.T. A primer of AI in medicine / A.T. Greenhill, R. Edmunds // Techniques and Innovations in Gastrointestinal Endoscopy. — 2019. — 22(2). — P. 85–89.

18. Malik A. P. Overview of artificial intelligence in medicine / A. P. Malik, M. Pathania [et al.] // Journal of Family Medicine and Primary Care. — 2019. — 8(7). — P. 2328–2331.

19. Ruffle J.K. Artificial intelligence-assisted gastroenterology-promises and pitfalls / J.K. Ruffle, A.D. Farmer, Q. Aziz // The American Journal of Gastroenterology. — 2019. — 114(3). — P. 422–428.

20. Mamlin B.W. Promise of Information and Communication Technology in Healthcare: Extracting Value From the Chaos / B.W. Mamlin, W.M. Tierney // The American Journal of the Medical Sciences. — 2016. — 351(1). — P. 59–68.

21. Wasylewicz A.T.M. Fundamentals of Clinical Data Science / A.T.M. Wasylewicz, M.J.W. Scheepers-Hoeks. — Cham : Springer, 2018. — 216 p.

22. Drowning in Big Data? Reducing Information Technology Complexities and Costs For Healthcare Organizations : white paper / Frost & Sullivan. — San Antonio : Frost & Sullivan, 2012.

23. Engesser C. Clinical decision making in prostate cancer care-evaluation of EAU-guidelines use and novel decision support software / C. Engesser, M. Henkel, V. Alargkof [et al.] // Scientific Reports. — 2024. — 14(1). — DOI: 10.1038/s41598-024-70292-y.

24. van der Sijs H. Overriding of drug safety alerts in computerized physician order entry / H. van der Sijs, J. Aarts, A. Vulto [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2006. — 13(2). — P. 138–147.

25. van der Sijs H. Drug safety alert generation and overriding in a large Dutch university medical centre / H. van der Sijs, A. Mulder, T. van Gelder [et al.] // Pharmacoepidemiology and Drug Safety. — 2009. — 18(10). — P. 941–947.

26. Henkel S.M. Structured data acquisition in oncology / S.M. Henkel, B. Stieltjes // Oncology. — 2020. — 98(6). — P. 423–429.

27. He J. The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine / J. He, S.L. Baxter, J. Xu [et al.] // Nature Medicine. — 2019. — 25(1). — P. 30–36.

28. Shortell S.M. Improving patient care by linking evidence-based medicine and evidence-based management / S.M. Shortell, T.G. Rundall, J. Hsu // JAMA. — 2007. — 298(6). — P. 673–676.

29. Rea S. Building a robust, scalable and standards-driven infrastructure for secondary use of EHR data: the SHARPn project / S. Rea, J. Pathak, G. Savova [et al.] // Journal of Biomedical Informatics. — 2012. — 45(4). — P. 763–771.

30. Klann J.G. Query Health: standards-based, cross-platform population health surveillance / J.G. Klann, M.D. Buck, J. Brown [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2014. — 21(4). — P. 650–656.

31. Rasmussen L.V. Modular Architecture for Electronic Health Record-Driven Phenotyping / L.V. Rasmussen, R.C. Kiefer, H. Mo [et al.] // AMIA Joint Summits on Translational Science Proceedings. — 2015. — 2015. — P. 147–151.

32. A universal truth: No health without workforce : report. — Geneva : World Health Organization, 2013. — 101 p.

33. Kleppe A. A clinical decision support system optimising adjuvant chemotherapy for colorectal cancers by integrating deep learning and pathological staging markers: a development and validation study / A. Kleppe, O.-J. Skrede, S.De Raedt [et al.] // The Lancet Oncology. — 2022. — 23(9). — P. 1221–1232.

34. O'Connor G.T. Bayesian reasoning in medicine: the contributions of Lee B. Lusted, MD / G.T. O'Connor, H.C. Sox Jr. // Medical Decision Making. — 1991. — 11(2). — P. 107–111.

 © Авторы статьи / Authors of the article

35. Yamada R.H. An overview of computers in medicine / R.H. Yamada // Canadian Family Physician. — 1968. — 14(3). — P. 15–17.

36. Kulikowski C.A. Beginnings of artificial intelligence in medicine (AIM): computational artifice assisting scientific inquiry and clinical art-with reflections on present AIM challenges / C.A. Kulikowski // Yearbook of Medical Informatics. — 2019. — 28(1). — P. 249–256.

37. Moran M.E. Evolution of robotic arms / M.E. Moran // Journal of Robotic Surgery. — 2007. — 1(2). — P. 103–111.

38. Shortliffe E.H. Computer-based consultations in clinical therapeutics: explanation and rule acquisition capabilities of the MYCIN system / E.H. Shortliffe, R. Davis, S.G. Axline [et al.] // Computers and Biomedical Research. — 1975. — 8(4). — P. 303–320.

39. Middleton B. Clinical Decision Support: a 25 Year Retrospective and a 25 Year Vision / B. Middleton, D.F. Sittig, A. Wright // Yearbook of Medical Informatics. — 2016. — 25(1). — P. S103–S116.

40. Bates D.W. The impact of computerized physician order entry on medication error prevention / D.W. Bates, J.M. Teich, J. Lee [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 1999. — 6(4). — P. 313–321.

41. Nielsen A.L. Drug dosing in patients with renal insufficiency in a hospital setting using electronic prescribing and automated reporting of estimated glomerular filtration rate / A.L. Nielsen, D.P. Henriksen, C. Marinakis [et al.] // Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology. — 2014. — 114(5). — P. 407–413.

42. Samal L. Effect of a laboratory result pager on provider behavior in a neonatal intensive care unit / L. Samal, T.A. Stavroudis, C.U. Lehmann [et al.] // AMIA Annual Symposium Proceedings. — 2008. — 2008. — P. 1121.

43. Hibbs S.P. The impact of electronic decision support on transfusion practice: a systematic review / S.P. Hibbs, N.D. Nielsen, S. Brunskill [et al.] // Transfusion Medicine Reviews. — 2015. — 29(1). — P. 14–23.

44. Manrique-Rodríguez S. Smart pump alerts: all that glitters is not gold / S. Manrique-Rodríguez, A. Sánchez-Galindo, C.M. Fernández-Llamazares [et al.] // International Journal of Medical Informatics. — 2012. — 81(5). — P. 344–350.

45. Embi P.J. Impacts of computerized physician documentation in a teaching hospital: perceptions of faculty and resident physicians / P.J. Embi, T.R. Yackel, J.R. Logan [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2004. — 11(4). — P. 300–309.

46. Chen Z. Harnessing the power of clinical decision support systems: challenges and opportunities / Z. Chen, N. Liang, H. Zhang [et al.] // Open Heart. — 2023. — 10(2).

47. Sim I. Clinical Decision Support Systems for the Practice of Evidence-based Medicine / I. Sim, P. Gorman, R.A. Greenes [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2001. — 8(6). — P. 527–533.

48. Ferrucci D. Watson: Beyond Jeopardy! / D. Ferrucci, A. Levas, S. Bagchi [et al.] // Artificial Intelligence. — 2013. — 199-200. — P. 93–05.

49. Fonseca C.G. The cardiac atlas project-an imaging database for computational modeling and statistical atlases of the heart / C.G. Fonseca, M. Backhaus, D.A. Bluemke [et al.] // Bioinformatics. — 2011. — 27(16). — P. 2288–2295.

50. Jimenez-Del-Toro O. Cloud-based evaluation of anatomical structure segmentation and landmark detection algorithms: VISCERAL anatomy benchmarks / O. Jimenez-Del-Toro // IEEE Transactions on Medical Imaging. — 2016. — 35. — P. 2459–2475.

51. Eppenga W.L. Comparison of a basic and an advanced pharmacotherapy-related clinical decision support system in a hospital care setting in the Netherlands / W.L. Eppenga, H.J. Derijks, J.M. Conemans [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2012. — 19(1). — P. 66–71.

52. Garg A.X. Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: a systematic review / A.X. Garg, N.K. Adhikari, H. McDonald [et al.] // JAMA. — 2005. — 293(10). — P. 1223–1238.

53. Kuperman G.J. Medication-related clinical decision support in computerized provider order entry systems: a review / G.J. Kuperman, A. Bobb, T.H. Payne [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2007. — 14(1). — P. 29–40.

54. Arterys: medical imaging cloud AI. — URL: https://arterys.com/ (accessed: 04.08.2026)

55. Gargeya R. Automated identification of diabetic retinopathy using deep learning / R. Gargeya, T. Leng // Ophthalmology. — 2017. — 124(7). — P. 962–969.

56. Esteva A. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks / A. Esteva, B. Kuprel, R.A. Novoa // Nature. — 2017. — 542(7639). — P. 115–118.

57. Weng S.F. Can machine-learning improve cardiovascular risk prediction using routine clinical data? / S.F. Weng, J. Reps, J. Kai // PLoS One. — 2017. — 12(4). — DOI: 10.1371/journal.pone.0174944.

58. Mathotaarachchi S. Identifying incipient dementia individuals using machine learning and amyloid imaging / S. Mathotaarachchi, T.A. Pascoal, M. Shin // Neurobiology of Aging. — 2017. — 59. — P. 80–90.

59. Fleck D.E. Prediction of lithium response in first-episode mania using the LITHium Intelligent Agent (LITHIA): pilot data and proof-of-concept / D.E. Fleck, N. Ernest, C.M. Adler [et al.] // Bipolar Disorders. — 2017. — 19(4). — P. 259–272.

60. Sato F. Prediction of survival in patients with esophageal carcinoma using artificial neural networks / F. Sato, Y. Shimada, F.M. Selaru // Cancer. — 2005. — 103(8). — P. 1596–1605.

61. Peng J.C. Seasonal variation in onset and relapse of IBD and a model to predict the frequency of onset, relapse, and severity of IBD based on artificial neural network / J.C. Peng, Z.H. Ran, J. Shen // International Journal of Colorectal Disease. — 2015. — 30(9). — P. 1267–1273.

62. de Bruin J.S. Assessing the feasibility of a mobile health-supported clinical decision support system for nutritional triage in oncology outpatients using Arden Syntax / J.S. de Bruin, C. Schuh, W. Seeling [et al.] // Artificial Intelligence in Medicine. — 2018. — 92. — P. 34–42.

 © Авторы статьи / Authors of the article

63. Cazacu I.M. Artificial intelligence in pancreatic cancer: toward precision diagnosis / I.M. Cazacu, A. Udristoiu, L.G. Gruionu // Endoscopic Ultrasound. — 2019. — 8(6). — P. 357–359.

64. Hoogenboom S.A. AI in gastroenterology. The current state of play and the potential. How will it affect our practice and when? / S.A. Hoogenboom, U. Bagci, M.B. Wallace // Techniques and Innovations in Gastrointestinal Endoscopy. — 2019. — 22(2). — P. 42–47.

65. Le Berre C. Application of artificial intelligence to gastroenterology and hepatology / C. Le Berre, W.J. Sandborn, S. Aridhi [et al.] // Gastroenterology. — 2020. — 158(1). — P. 76–94.

66. Kordes M. Consistency of a clinical decision support system with molecular tumour board recommendations for tumour sequencing-guided treatment of pancreatic cancer / M. Kordes, L. Malgerud, J.-E. Frödin [et al.] // ESMO Gastrointestinal Oncology. — 2024. — 5. — DOI: 10.1016/j.esmog.2024.100031.

67. Developing Software Precertification Program: A Working Model / U.S. Food & Drug Administration. — Silver Spring : U.S. Food and Drug Administration, 2018. — 98 p.

68. Goverdhan A. Comparison of somatic variant oncogenicity classification using ClinGen/CGC/VICC guidelines and QIAGEN Clinical Insight Interpret decision support software / A. Goverdhan, L. Mullineaux, A. Pryzbylski [et al.] // Cancer Genetics. — 2025. — 298–299. — P. 151–158.

69. Diaz-Ramón J.L. Melanoma clinical decision support system: an artificial intelligence-based tool to diagnose and predict disease outcome in early-stage melanoma patients / J.L. Diaz-Ramón, J. Gardeazabal, R.M. Izu [et al.] // Cancers. — 2023. — 15(7). — DOI: 10.3390/cancers15072174.

70. Musen M.A. Clinical decision-support systems / M.A. Musen, Y. Shahar, E.H. Shortliffe. — London ; New York : Springer, 2014. — 674 p.

71. Deo R.C. Machine learning in medicine / R.C. Deo // Circulation. — 2015. — 132(20). —P. 1920–1930.

72. Latoszek-Berendsen A. From clinical practice guidelines to computer-interpretable guidelines. A literature overview / A. Latoszek-Berendsen, H. Tange, H.J. van den Herik [et al.] // Methods of Information in Medicine. — 2010. — 49(6). — P. 550–570.

73. Zeiger R.F. McGraw-Hill’s Diagnosaurus / R.F. Zeiger. — New York : McGraw-Hill Education, 2018. — URL: http://accessmedicine.mhmedical.com/diagnosaurus.aspx (accessed: 04.08.2026).

74. Bright T.J. Effect of clinical decision-support systems: a systematic review / T.J. Bright, A. Wong, R. Dhurjati // Annals of Internal Medicine. — 2012. — 157(1). — P. 29–43.

75. Roshanov P.S. Features of effective computerised clinical decision support systems: meta-regression of 162 randomised trials / P.S. Roshanov, N. Fernandes, J.M. Wilczynski [et al.] // BMJ. — 2013. — 346. — DOI: 10.1136/bmj.f657.

76. Kwan J.L. Computerised clinical decision support systems and absolute improvements in care: meta-analysis of controlled clinical trials / J.L. Kwan, L. Lo, J. Ferguson [et al.] // BMJ. — 2020. — 370. — DOI: 10.1136/bmj.m3216.

77. Newton N. A systematic review of clinicians' acceptance and use of clinical decision support systems over time / N. Newton, A. Bamgboje-Ayodele, R. Forsyth [et al.] // NPJ Digital Medicine. — 2025. — 8(1). — DOI: 10.1038/s41746-025-01662-7.

78. Khairat S. Reasons For Physicians Not Adopting Clinical Decision Support Systems: Critical Analysis / S. Khairat, D. Marc, W. Crosby [et al.] // JMIR Medical Informatics. — 2018. — 6(2). — DOI: 10.2196/medinform.8912.

79. Singh R.R. Evaluating IBM Watson’s Role in Oncology Treatment Decisions: A Case Study on AI-Based Clinical Decision Support / R.R. Singh, A. Garg // Hematological Disorders in the Single-Cell Era. — 2025. — 1(2). — P. 21–32.

80. Carey M. The patient perspective on errors in cancer care: results of a cross-sectional survey / M. Carey, A.W. Boyes, J. Bryant [et al.] // Journal of Patient Safety. — 2019. — 15(4). — P. 322–327.

81. Meunier P.Y. Barriers and facilitators to the use of clinical decision support systems in primary care: a mixed-methods systematic review / P.Y. Meunier, C. Raynaud, E. Guimaraes, F. Gueyffier [et al.] // Annals of Family Medicine. – 2023. – 21(1). – P. 57–69.

82. Kim K. Evaluation of IBM Watson for Oncology in lung cancer treatment decisions / K. Kim, J. H. Kim, Y. Lee // Cancer Research and Treatment. – 2019. – 51(2). – P. 631–639.

83. Ivshin A.A. Iskusstvennyj intellekt: prediktivnaya analitika perinatal'nogo riska [Artificial intelligence: predictive analytics of perinatal risks] / A.A. Ivshin, A.V. Gusev, R.E. Novitskiy // Voprosa ginekologii. akuserstva i perinatologii [Gynecology, Obstetrics and Perinatology]. — 2020. — 19(6). — P. 133–144. [In Russian].

84. El-Deiry W.S. The current state of molecular testing in the treatment of patients with solid tumors, 2019 / W.S. El-Deiry, R.M. Goldberg, H.J. Lenz [et al.] // CA: A Cancer Journal for Clinicians. — 2019. — 69(4). — P. 305–343.

85. Haslam A. Updated estimates of eligibility for and response to genome-targeted oncology drugs among US cancer patients, 2006–2020 / A. Haslam, M.S. Kim, V. Prasad // Annals of Oncology. — 2021. — 32(7). — P. 926–932.

86. Soldatos T.G. Precision oncology-the quest for evidence / T.G. Soldatos, S. Kaduthanam, D.B. Jackson // Journal of Personalized Medicine. — 2019. — 9(3). — DOI: 10.3390/jpm9030043.

87. Tamborero D. Support systems to guide clinical decision-making in precision oncology: the Cancer Core Europe Molecular Tumor Board Portal / D. Tamborero, R. Dienstmann, M.H. Rachid [et al.] // Nature Medicine. — 2021. — 26(7). — P. 992–994.

88. Horak P. Standards for the classification of pathogenicity of somatic variants in cancer (oncogenicity): joint recommendations of Clinical Genome Resource (ClinGen), Cancer Genomics Consortium (CGC), and Variant Interpretation for Cancer Consortium (VICC) / P. Horak, M. Griffith, A.M. Danos [et al.] // Genetics in Medicine. — 2022. — 24(5). — P. 986–998.

89. Manganelli M. Skin photodamage and melanomagenesis: A comprehensive review / M. Manganelli, G. Stabile, C. Scharf [et al.] // Cancers. — 2025. — 17(11). — DOI: 10.3390/cancers17111784.

 © Авторы статьи / Authors of the article

90. Druskovich C. A review of melanoma subtypes: genetic and treatment considerations / C. Druskovich, J. Kelley, J. Aubrey [et al.] // Journal of Surgical Oncology. — 2025. — 131(3). — P. 356–364.

91. Peña-Martín, J. Identification of novel biomarkers in the early diagnosis of malignant melanoma by untargeted liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry-based metabolomics: a pilot study / J. Peña-Martín, M.B. García-Ortega, J.L. Palacios-Ferrer [et al.] // British Journal of Dermatology. — 2024. — 190(5). — P. 740–750.

92. Siegel R.L. Cancer Statistics, 2021 / R.L. Siegel, K.D. Miller, H.E. Fuchs, A. Jemal // CA: A Cancer Journal for Clinicians. — 2021. — 71(1). — P. 7–33.

93. Huang J. Global incidence, mortality, risk factors and trends of melanoma: a systematic analysis of registries / J. Huang, S.C. Chan, S. Ko [et al.] // American Journal of Clinical Dermatology. — 2023. — 24(6). — P. 965–975.

94. Spaccarelli N. Dysplastic nevus part II: Molecular/genetic profiles and management / N. Spaccarelli, R. Drozdowski, M.S. Peters, J.M. Grant-Kels // Journal of the American Academy of Dermatology. — 2023. — 88(1). — P. 13–20.

95. Wolchok J.D. Nivolumab and Ipilimumab in Advanced Melanoma / J.D. Wolchok, L. Rollin, J. Larkin // The New England Journal of Medicine. — 2017. — 377(26). — P. 2503–2504.

96. Ohshima K. The landscape of cancer metabolism as a therapeutic target / K. Ohshima // Pathology International. — 2025. — 75(8). — P. 387–402.

97. Bartusik-Aebisher D. Detection of protein and metabolites in cancer analyses by MALDI 2000–2025 / D. Bartusik-Aebisher, D.R.J. Raj, D. Aebisher // Cancers. — 2025. — 17(21). — DOI: 10.3390/cancers17213524.

98. Klassifikaciya opuholej TNM: rukovodstvo i atlas [TNM tumor classification: manual and atlas / American Joint Committee on Cancer]; edited by I.V. Poddubnaya [et al.]. — Head and neck tumors. Breast cancer. Oncogynecology. Oncourology. — Moscow : Practical medicine, 2022. — 398 p. — ISBN 978-5-98811-592-2. [in Russian]

99. Garbe C. European consensus-based interdisciplinary guideline for melanoma. Part 2: Treatment – Update 2024 / C. Garbe, T. Amaral, K. Peris [et al.] ; European association of dermato-oncology (EADO), the European dermatology forum (EDF), and the European organization for research and treatment of cancer (EORTC) // European Journal of Cancer. — 2025. — 215. — DOI: 10.1016/j.ejca.2024.115153.

100. See S.H.C. The diagnostic utility of PRAME and p16 in distinguishing nodal nevi from nodal metastatic melanoma / S.H.C. See, B.S. Finkelman, A.V. Yeldandi // Pathology: Research and Practice. — 2020. — 216. — P. 153105.

101. Cho-Vega J.H. Diagnostic application of cyclin D1 fluorescent in situ hybridization for histologically undetermined early lesions of acral melanoma in situ: A case series / J.H. Cho-Vega, T. Cao, J. Ledon [et al.] // Annals of Diagnostic Pathology. — 2021. — 50. — DOI: 10.1016/j.anndiagpath.2020.151681.

102. Blundo A. Comparative analysis of diagnostic techniques for melanoma detection: a systematic review of diagnostic test accuracy studies and meta-analysis / A. Blundo, A. Cignoni, T. Banfi [et al.] // Frontiers in Medicine. — 2021. — 8. — DOI: 10.3389/fmed.2021.637069.

103. Whiteman D.C. The effect of screening on melanoma incidence and biopsy rates / D.C. Whiteman, C.M. Olsen, S. MacGregor [et al.] // British Journal of Dermatology. — 2022. — 187(4). — P. 515–522.

104. Zhang H. Mass spectrometry imaging for spatially resolved multi-omics molecular mapping / H. Zhang, K.H. Lu, M. Ebbini [et al.] // NPJ Imaging. — 2024. — 2(1). — P. 15.

105. Ebbelaar C.F. Genome-wide copy number variations as molecular diagnostic tool for cutaneous intermediate melanocytic lesions: A systematic review and individual patient data meta-analysis / C.F. Ebbelaar, A.M.L. Jansen, L.T. Bloem [et al.] // Virchows Archiv. — 2021. — 479(4). — P. 797–807.

106. Lentsch G. Research Techniques Made Simple: Emerging Imaging Technologies for Noninvasive Optical Biopsy of Human Skin / G. Lentsch, E.G. Baugh, B. Lee [et al.] // Journal of Investigative Dermatology. — 2022. — 142(5). — P. 1243–1252.

107. Bajaj S. Melanoma prognosis: accuracy of the american joint committee on cancer staging manual eighth edition / S. Bajaj, D. Donnelly, M. Call [et al.] // Journal of the National Cancer Institute. — 2020. — 112(9). — P. 921–928.

108. Arozarena I. Phenotype plasticity as enabler of melanoma progression and therapy resistance / I. Arozarena, C. Wellbrock // Nature Reviews Cancer. — 2019. — 19(7). — P. 377–391.

109. Marconi A. In Vivo Melanoma Cell Morphology Reflects Molecular Signature and Tumor Aggressiveness / A. Marconi, M. Quadri, F. Farnetani [et al.] // Journal of Investigative Dermatology. — 2022. — 142(9). — P. 2205–2216.

110. Mancuso F. Serum markers improve current prediction of metastasis development in early-stage melanoma patients: A machine learning-based study / F. Mancuso, S. Lage, J. Rasero [et al.] // Molecular Oncology. — 2020. — 14(8). — P. 1705–1718.

111. Penas C. RKIP Regulates Differentiation-Related Features in Melanocytic Cells / C. Penas, A. Apraiz, I. Muñoa [et al.] // Cancers. — 2020. — 12(6). — DOI: 10.3389/fmed.2021.637069.

112. Shah N.R. Anticipating and addressing challenges during implementation of clinical decision support systems / N.R. Shah, V. Khetpal, S. Erqou // JAMA Network Open. — 2022. — 5(2). — DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2021.46528.

113. Medical Subject Headings (MeSH). — 2017. — URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh?term=alert%20fatigue (accessed: 04.08.2026).

114. Khalifa M. Improving utilization of clinical decision support systems by reducing alert fatigue: Strategies and recommendations / M. Khalifa, I. Zabani // Studies in Health Technology and Informatics. — 2016. — 226. — P. 51–54.

115. Osheroff J. Improving outcomes with clinical decision support: an implementer’s guide / J. Osheroff, E. Pifer, J. Teich [et al.]. — Chicago : Health Information Management and Systems Society, 2005. — 164 p.

116. Koutkias V. Contributions from the 2017 Literature on Clinical Decision Support / V. Koutkias, J. Bouaud // Yearbook of Medical Informatics. — 2018. — 27(1). — P. 122–128.

117. SNOMED CT. — 2018. — URL: https://www.snomed.org/snomed-ct/get-snomed-ct/ (accessed: 04.08.2026).

 © Авторы статьи / Authors of the article

118. Sittig D.F. A survey of informatics platforms that enable distributed comparative effectiveness research using multi-institutional heterogenous clinical data / D.F. Sittig, B.L. Hazlehurst, J. Brown [et al.] // Medical Care. — 2012. — 50. — P. S49–S59.

119. Samwald M. The Arden Syntax standard for clinical decision support: experiences and directions / M. Samwald, K. Fehre, J. de Bruin [et al.] // Journal of Biomedical Informatics. — 2012. — 45(4). — P. 711–718.

120. Greenes R. The morningside initiative: collaborative development of a knowledge repository to accelerate adoption of clinical decision support / R. Greenes, M. Bloomrosen, N. E. Brown-Connolly [et al.] // The Open Medical Informatics Journal. — 2010. — 4. — P. 278–290.

121. Boxwala A.A. A multi-layered framework for disseminating knowledge for computer-based decision support / A.A. Boxwala, B.H. Rocha, S. Maviglia [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2011. — 18(1). — P. i132–i139.

122. Peleg M. Computer-interpretable clinical guidelines: a methodological review / M. Peleg // Journal of Biomedical Informatics. — 2013. — 46(4). — P. 744–763.

123. Freimuth R.R. Evaluation of RxNorm for Medication Clinical Decision Support / R.R. Freimuth, K. Wix, Q. Zhu [et al.] // AMIA Annual Symposium Proceedings. — 2014. — 2014. — P. 554–563.

124. Liu X. Privacy-preserving patient-centric clinical decision support system on naive Bayesian classification / X. Liu, R. Lu, J. Ma [et al.] // IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics. — 2015. — 20(2). — P. 655–668.

125. Bhate C. Time to revisit the health insurance portability and accountability act (HIPAA)? Accelerated telehealth adoption during the COVID-19 pandemic / C. Bhate, C.H. Ho, R.T. Brodell // Journal of the American Academy of Dermatology. — 2020. — 83(4). — P. e313–e314.

126. Lu Y. Clinical decision support in cardiovascular medicine / Y. Lu, E.R. Melnick, H.M. Krumholz // BMJ. — 2022. — 377. — DOI: 10.1136/bmj-2020-059818.

127. Oakden-Rayner L. Precision Radiology: predicting longevity using feature engineering and deep learning methods in a radiomics framework / L. Oakden-Rayner [et al.] // Scientific Reports. — 2017. — 7. — DOI: 10.1038/s41598-017-01931-w.

128. IBM Watson for Oncology // IBM Watson Health. — 2018. — URL: https://www.ibm.com/watson/health/oncology-and-genomics/oncology/ (accessed: 04.08.2026).

129. Tsolaki E. Fast spectroscopic multiple analysis (FASMA) for brain tumor classification: a clinical decision support system utilizing multi-parametric 3T MR data / E. Tsolaki [et al.] // International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery. — 2015. — 10(7). — P. 1149–1166.

130. Spyridonos P. A computer-based diagnostic and prognostic system for assessing urinary bladder tumour grade and predicting cancer recurrence / P. Spyridonos, D. Cavouras, P. Ravazoula [et al.] // Medical Informatics and the Internet in Medicine. — 2002. — 27(2). — P. 111–122.

131. Fuji K.T. Standalone personal health records in the United States: meeting patient desires / K.T. Fuji [et al.] // Health and Technology. — 2012. — 2(3). — P. 197–205.

132. Davis S. Shared decision-making using personal health record technology: a scoping review at the crossroads / S. Davis, A. Roudsari, R. Raworth [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2017. — 24(4). — P. 857–866.

133. Kumar R.B. Automated integration of continuous glucose monitor data in the electronic health record using consumer technology / R.B. Kumar, N.D. Goren, D.E. Stark [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2016. — 23(3). — P. 532–537.

134. Bates D.W. Ten commandments for effective clinical decision support: making the practice of evidence-based medicine a reality / D.W. Bates, G.J. Kuperman, S. Wang [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. — 2003. — 10(6). — P. 523–530.

135. Liu J. Decision tools in health care: focus on the problem, not the solution / J. Liu, J.C. Wyatt, D.G. Altman // BMC Medical Informatics and Decision Making. — 2006. — P. 6.

136. Linder J.A. Barriers to electronic health record use during patient visits / J.A. Linder, J L. Schnipper, R. Tsurikova [et al.] // AMIA Annual Symposium Proceedings. — 2006. — P. 499–503.

137. Lorenzi N. Accelerating the deployment of a health information technology and informatics workforce through education, training, research, and evaluation / N. Lorenzi, M. Bloomrosen // Studies in Health Technology and Informatics. — 2011. — 170. — P. 113–121.

138. Vedel I. Healthcare professionals' adoption and use of a clinical information system (CIS) in primary care: Insights from the Da Vinci study / I. Vedel, L. Lapointe, M.-T. Lussier [et al.] // International Journal of Medical Informatics. — 2012. — 81(2). — P. 73–87.

139. Devaraj S. Barriers and facilitators to clinical decision support systems adoption: a systematic review / S. Devaraj, S.K. Sharma, D.J. Fausto [et al.] // Journal of Business Administration Research. — 2014. — 3(2). — P. 36–53.

140. Kilsdonk E. Factors influencing implementation success of guideline-based clinical decision support systems: a systematic review and gaps analysis / E. Kilsdonk, L.W. Peute, M.W. Jaspers // International Journal of Medical Informatics. — 2017. — 98. — P. 56–64.

141. Wright A. Reduced effectiveness of interruptive drug-drug interaction alerts after conversion to a commercial electronic health record / A. Wright [et al.] // Journal of General Internal Medicine. — 2018. — 33(11). — P. 1868–1876.

142. Camacho J. A conceptual framework to study the implementation of clinical decision support systems (BEAR): literature review and concept mapping / J. Camacho, M. Zanoletti-Mannello, Z. Landis-Lewis [et al.] // Journal of Medical Internet Research. — 2020. — 22(8). — DOI: 10.2196/18388.

 © Авторы статьи / Authors of the article

143. Lichtner V. Electronic ordering and the management of treatment interdependencies: a qualitative study of paediatric chemotherapy / V. Lichtner, B. D. Franklin, L. Dalla-Pozza [et al.] // BMC Medical Informatics and Decision Making. — 2020. — 20(1). — DOI: 10.1186/s12911-020-01212-z.

144. Henry K.E. Human-machine teaming is key to AI adoption: clinicians' experiences with a deployed machine learning system / K.E. Henry, R. Kornfield, A. Sridharan [et al.] // NPJ Digital Medicine. — 2022. — 5. — DOI: 10.1038/s41746-022-00597-7.

145. Abell B. Identifying barriers and facilitators to successful implementation of computerized clinical decision support systems in hospitals: a NASSS framework-informed scoping review / B. Abell, S. Naicker, D. Rodwell [et al.]. // Implementation Science. — 2023. — 18(1). — DOI: 10.1186/s13012-023-01286-z.