

СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ В МЕДИЦИНЕ: ОГРАНИЧЕНИЯ И ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ

DECISION SUPPORT SYSTEMS IN MEDICINE: LIMITATIONS AND POSSIBLE SOLUTIONS

Haddad Nekoula

Summary. Decision support systems (DSS) in medicine are technological tools designed to optimize clinical practice by analyzing patient data and generating recommendations. However, their effectiveness is limited by the difficulties of integration with electronic medical records (EMRs), which remain a key source of information. The article examines the technical, organizational, and legal barriers to such integration, including incompatibility of data formats, fragmentation of systems, and privacy issues. Based on the analysis of modern research, solutions are proposed: standardization of interfaces, improvement of the algorithms used, and staff training.

Keywords: decision support system, artificial intelligence, machine learning, information systems integration, data standardization, NLP.

Хаддад Некула

Аспирант, МГТУ им. Баумана
nekoula@inbox.ru

Аннотация. Системы поддержки принятия решений (СППР) в медицине — это технологические инструменты, призванные оптимизировать клиническую практику за счет анализа данных пациентов и генерации рекомендаций. Однако их эффективность ограничена сложностями интеграции с электронными медицинскими картами (ЭМК), которые остаются ключевым источником информации. В статье исследуются технические, организационные и юридические барьеры такой интеграции, включая несовместимость форматов данных, фрагментацию систем и вопросы конфиденциальности. На основе анализа современных исследований предложены решения: стандартизация интерфейсов, улучшение используемых алгоритмов и обучение персонала.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, искусственный интеллект, машинное обучение, интеграция информационных систем, стандартизация данных, НЛП.

Введение

Системы поддержки принятия врачебных решений (СППР) все чаще интегрируются в медицинские учреждения для улучшения результатов лечения пациентов, снижения медицинских ошибок и повышения эффективности клинической работы, предоставляя врачам рекомендации, основанные на доказательствах, в момент оказания помощи [1]. СППР представляют собой парадигмальный сдвиг в здравоохранении, увеличивая возможности врачей в процессе принятия сложных решений за счет использования целевых клинических знаний, информации о пациентах и других медицинских данных [2]. Традиционная СППР состоит из программного обеспечения, предназначенного для прямой помощи в принятии клинических решений, при котором характеристики конкретного пациента сопоставляются с компьютерной базой клинических знаний, а пациент-специфические оценки или рекомендации затем предоставляются врачу для принятия решения. СППР используются в первую очередь на месте оказания помощи, где врач комбинирует свои знания с информацией или предложениями, предоставленными СППР [2]. Однако все чаще разрабатываются СППР, способные использовать данные и наблюдения, недоступные или непонятные человеку [2]. СППР классифицируются и подразделяются на различные категории и типы, в том числе по времени вмешательства и тому, имеют

ли они активную или пассивную форму доставки. Они часто классифицируются как основанные на знаниях или не основанные на знаниях. В системах, основанных на знаниях, создаются правила (условия IF-THEN), при которых система извлекает данные для оценки правила и выдает действие или результат [2]. Правила могут быть созданы на основе данных из литературы, практического опыта или свидетельств, направленных на пациента. СППР, не основанные на знаниях, также требуют источника данных, но их решения используют искусственный интеллект, машинное обучение или статистическое распознавание образов, а не запрограммированы на следование экспертным медицинским знаниям. СППР имеют обширные функции, включая диагностику [3], системы оповещения [4], управление заболеваниями, рецепты, контроль лекарств [5] и многое другое. Они могут проявляться в виде компьютеризированных оповещений и напоминаний, компьютеризированных руководств, наборов приказов, отчетов о данных пациента, шаблонов документации и инструментов для управления клиническим процессом. СППР могут использовать веб-приложения или интеграцию с электронными медицинскими записями (ЭМК) и системами компьютерного ввода приказов врача и могут использоваться на настольных компьютерах, планшетах, смартфонах и устройствах для биометрического мониторинга и носимых технологиях здоровья [6, 7].

Ограничения СППР и возможные способы их решения

Несмотря на многочисленные преимущества и функциональные возможности, внедрение и оптимизация СППР сталкиваются с рядом ограничений и вызовов [1]. Среди них проблемы конфиденциальности данных, сложности интеграции систем, вопросы надежности и необходимость принятия системы врачами и доверия пользователей [1]. Значительным ограничением является качество данных, поскольку СППР полагаются на данные из различных источников, включая медицинские реестры и электронные медицинские записи, которые могут иметь сомнительную точность и полноту. Например, исследования показывают, что точность и полнота данных в медицинских реестрах могут составлять всего 67 % и 30,7 % соответственно [8, 9]. Внедрение СППР также вызывает опасения по поводу конфиденциальности данных, требуя надежных мер безопасности и соблюдения правил конфиденциальности. Такие проблемы, как фрагментированные рабочие процессы, усталость от оповещений, возможность ошибок и недостаток компьютерной грамотности, также могут препятствовать эффективности и внедрению СППР [1]. Еще одной проблемой является системная интеграция, поскольку отсутствие интероперабельности с существующими системами здравоохранения, такими как EHR и системы ввода приказов врача (CPOE), может привести к фрагментированным рабочим процессам и снижению эффективности. СППР также могут зависеть от компьютерной грамотности, что может препятствовать взаимодействию с системой СППР. Это может варьироваться в зависимости от особенностей конструкции СППР, но некоторые системы оказались чрезмерно сложными и сильно зависящими от навыков пользователя [10]. СППР могут нарушить рабочий процесс врача, особенно в случае автономных систем. СППР также нарушают рабочий процесс, если они спроектированы без учета человеческой обработки информации и поведения [11]. Недоверие пользователей к СППР может возникнуть, если пользователи не согласны с рекомендацией, предоставленной СППР.

Одной из ключевых проблем является так называемый «черный ящик» алгоритмов глубокого обучения, когда механизмы принятия решений остаются непонятными для пользователей, что снижает доверие со стороны врачей и затрудняет внедрение таких систем в клиническую практику [12]. Для решения этой проблемы активно применяются методы объяснимого искусственного интеллекта (Explainable AI), позволяющие визуализировать процесс работы модели, выявлять значимые факторы, влияющие на результат, и обеспечивать прозрачность рекомендаций [13]. Другим важным направлением является разработка гибких архитектур, основанных на сервис-ориентированном подходе, что позволяет создавать модульные системы, легко интегри-

руемые в существующую информационную инфраструктуру медицинских учреждений и способные оперативно адаптироваться к изменениям в клинических данных [14].

Стандартизация медицинских данных необходима для обеспечения точности, надежности и эффективности СППР, поскольку несовместимые или неструктурированные форматы медицинских данных препятствуют их способности точно анализировать и интерпретировать информацию. Нельзя недооценивать важность использования информационных стандартов, таких как ICD, SNOMED и других. Необходимы общепромышленные стандарты данных для обеспечения согласованности и точности, содействия беспрепятственному обмену данными между системами здравоохранения и оптимизации обработки и анализа данных. Придерживаясь стандартизированных терминологий и онтологий, СППР могут точно обрабатывать данные пациентов, генерировать надежные рекомендации и улучшать общее качество здравоохранения. Решение этих задач и принятие стандартизации данных позволит СППР играть центральную роль в оказании высококачественной медицинской помощи, ориентированной на пациента [15].

Система стандартизации медицинских данных

Система стандартизации медицинских данных — это современное программное обеспечение, разработанное для унификации и стандартизации медицинской информации. Она использует передовые технологии, включая алгоритмы машинного обучения и методы обработки естественного языка (НЛП), чтобы обеспечить точную и эффективную обработку данных. На рис. 1 представлен обобщенный алгоритм работы автоматизированной системы стандартизации медицинских данных. Рассмотрим основные этапы её работы.

- 1. Загрузка и анализ отчета врача:** Работа системы начинается с загрузки отчета врача в формате Excel. Этот отчет может содержать информацию о симптомах, назначениях, применяемых лекарствах и других аспектах лечения. Система автоматически анализирует содержимое файла, разделяя данные на структурированные компоненты.
- 2. Извлечение данных:** После анализа документа система выполняет извлечение ключевых данных, необходимых для стандартизации. Например, из разделов с описанием симптомов и назначений выделяются медицинские термины и конкретные предписания врача.
- 3. Векторизация текста:** Извлеченные текстовые данные преобразуются в числовое представление с использованием метода CountVectorizer. Этот метод создает матрицу, где строки соответствуют медицинским записям, а столбцы — уникальным терминам. Значения в матрице показывают частоту упоминания каждого термина, что позволяет

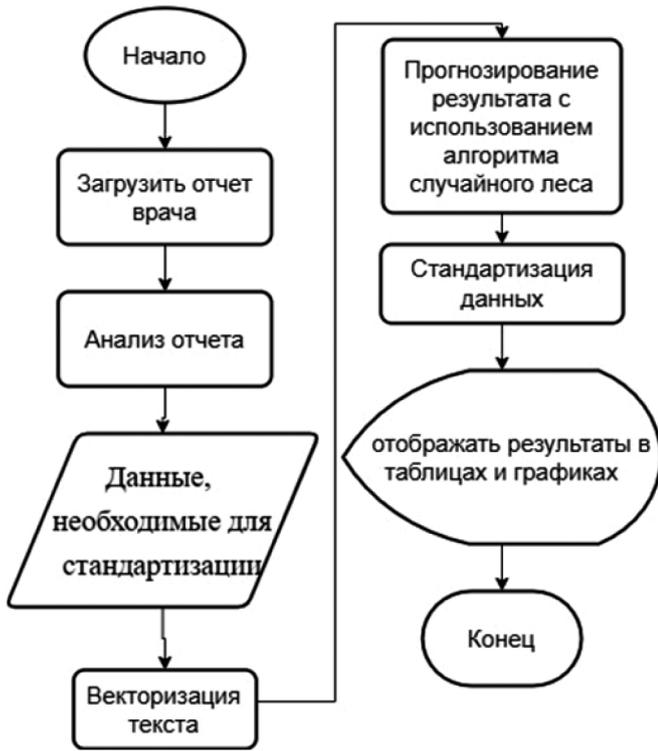


Рис. 1. Алгоритм Стандартизация данных

алгоритмам машинного обучения работать с текстовыми данными.

4. **Прогнозирование результатов:** На основе векторизованных данных система применяет контролируемые алгоритмы машинного обучения, такие как метод опорных векторов (SVM) или алгоритм случайного леса (Random Forest).
5. **Стандартизация данных:** После прогнозирования система автоматически преобразует медицинские термины в стандартизированные коды

в соответствии с выбранным медицинским стандартом. Это помогает унифицировать данные, исключая неоднозначности и вариативность терминологии.

6. **Визуализация результатов:** Результаты работы системы представляются в удобной для пользователя форме: таблицы, графики и диаграммы, отражающие как исходные данные, так и их стандартизированные эквиваленты.

Преимущества системы включают в себя ускорение обработки данных за счет автоматической обработки больших объемов информации, что значительно сокращает время анализа отчетов вручную. Также система отличается высокой точностью и надежностью благодаря применению современных методов машинного обучения и NLP, что особенно важно при работе со сложными медицинскими терминами. Автоматизация процессов снижает влияние человеческого фактора, минимизируя вероятность ошибок, вызванных субъективными интерпретациями или неточностями ввода данных. Кроме того, система унифицирует данные, обеспечивая соответствие медицинских отчетов установленным стандартам, что упрощает их использование в различных информационных системах и базах данных.

Скорость стандартизации и распознавание слов за пределами словарного запаса являются ключевыми проблемами, решаемыми разработанной системой. Многие существующие методы обработки естественного языка, такие как word2vec или GloVe, требуют значительного времени для стандартизации больших объемов данных, поскольку основаны на глубоких нейронных сетях или сложных векторных вычислениях, что затрудняет быструю обработку данных в реальном времени. Предлагаемая система использует более легковесный

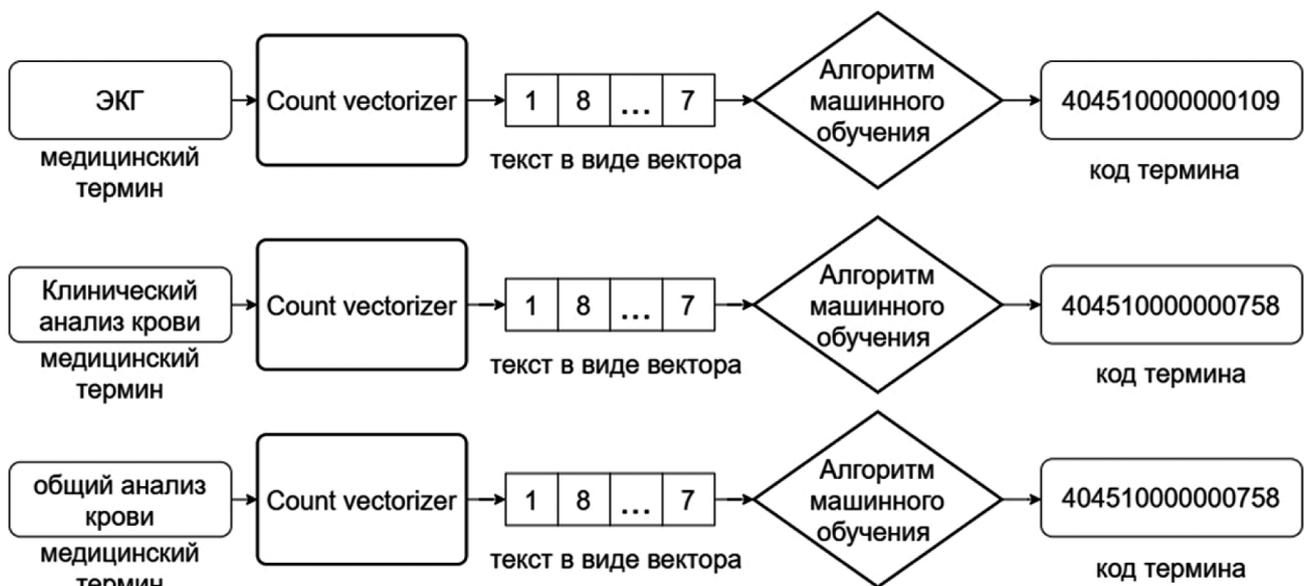


Рис. 2. Основной механизм предлагаемой модели стандартизации медицинских данных

подход, основанный на методе CountVectorizer, который позволяет быстро преобразовывать текстовые данные в матричное представление без необходимости предварительного обучения на объемных данных, что значительно ускоряет процесс стандартизации, особенно при обработке больших наборов данных, при этом сохраняется высокая точность и обеспечивается устойчивость к специфическим терминам. Проблема распознавания медицинских терминов, не встречающихся в повседневной речи, решается использованием расширенных словарей и механизма обработки неизвестных терминов, включая контекстный анализ и сопоставление синонимов, что обеспечивает корректное понимание даже сложных терминов (Рис. 2).

Основные компоненты системы включают векторизацию данных, где метод CountVectorizer преобразует текст в матричное представление, где строки соответствуют документам, а столбцы — уникальным терминам, обеспечивая структурированный анализ. Машинное обучение выполняется на размеченных данных, связывая медицинские термины с их стандартизированными эквивалентами, и алгоритм адаптируется для задач стандартизации. Также система поддерживает учет синонимичных выражений и вариаций. Например, термины «общий анализ крови» и «клинический анализ крови» воспринимаются как идентичные и преобразуются в единый стандартизированный вид. Это упрощает взаимодействие с системой пользователям, использующим разные лексикон.

В таблице 1 представлены результаты, полученные системой стандартизации данных. Входные данные для модели соответствуют медицинским терминам в загруженном отчете. Представлены выходные данные, полученные по разработанной модели. Важно отметить, что выход системы работает на основе порога 0,2. Любое значение ниже этого порога приводит к тому, что выходные данные системы помечаются как «Не найдено».

Заключение

Интеграция СППР с ЭМК требует решения технических (стандартизация форматов), организационных (обучение персонала) и юридических (регулирование конфиденциальности) задач. Успешные кейсы, такие как внедрение FHIR в ЕС, показывают, что междисципли-

Таблица 1.

Результаты, полученные системой стандартизации медицинских данных

Вход модели (медицинский термин в загруженном отчете)	Выходные данные по разработанной модели	
	Код термина	Расшифровка
Рентгенография околоносовых пазух	445677111121	Рентгенография околоносовых пазух
Общий анализ крови (общий анализ + СОЭ); микроскопическое исследование мазка крови при выявлении явлений	445677111124	Клинический анализ крови
ЭХО КГ	445677111140	ЭХО КГ
Суточный мониторинг артериального давления	Не найдено	Не найдено
Холтеровский мониторинг ЭКГ	445677111128	ЭКГ
ЭКГ	445677111128	ЭКГ
Общий анализ + СОЭ крови	445677111124	Клинический анализ крови
Креатинин	445677128112	Креатинин с расчетом СКФ
IgE	445610128128	Общий IgE

нарное сотрудничество повышает эффективность СППР на 50%, но для глобального масштабирования необходима разработка адаптивных алгоритмов, работающих с неполными и нестандартизированными данными. Рассмотрена задача стандартизации медицинских данных, ключевая для внедрения технологий машинного обучения и ИИ в медицину. С ростом объема медицинской информации возникает необходимость в эффективных методах обработки и обмена. Главная проблема — отсутствие единых стандартов для медицинских терминов, что затрудняет взаимодействие систем. Предложен новый метод стандартизации, основанный на гибкой модели, способной интегрироваться в существующие системы и улучшить их совместимость. Разработана структура классификации медицинских терминов, учитывающая требования безопасности, что повысит качество диагностики, лечения и обмена данными между системами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chen Z. et al. Harnessing the power of clinical decision support systems: challenges and opportunities //Open Heart. — 2023. — Vol. 10. — № 2. — P. e002432.
2. Sutton R.T. et al. An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success //NPJ digital medicine. — 2020. — Vol. 3. — № 1. — P. 17.
3. Yanagita Y. et al. Improving diagnostic accuracy using a clinical diagnostic support system for medical students during history-taking: a randomized clinical trial // BMC Medical Education. — 2023. — Vol. 23. — № 1. — P. 383.
4. McCoy A.B. et al. Clinical decision support alert appropriateness: a review and proposal for improvement //Ochsner journal. — 2014. — Vol. 14. — № 2. — P. 195–202.
5. Armando L.G. et al. Clinical decision support systems to improve drug prescription and therapy optimisation in clinical practice: a scoping review //BMJ Health & Care Informatics. — 2023. — Vol. 30. — № 1. — P. e100683.
6. Agarwal S. et al. Decision-support tools via mobile devices to improve quality of care in primary healthcare settings //Cochrane Database of Systematic Reviews. — 2021. — № 7.
7. Kart Ö. et al. A mobile and web-based clinical decision support and monitoring system for diabetes mellitus patients in primary care: a study protocol for a randomized controlled trial //BMC medical informatics and decision making. — 2017. — Vol. 17. — P. 1–10.
8. Hasan S., Padman R. Analyzing the effect of data quality on the accuracy of clinical decision support systems: a computer simulation approach //AMIA annual symposium proceedings. — 2006. — Vol. 2006. — P. 324.
9. Kramer O. et al. The impact of data quality defects on clinical decision-making in the intensive care unit //Computer Methods and Programs in Biomedicine. — 2021. — Vol. 209. — P. 106359.
10. Timiliotis J. et al. A novel diagnostic decision support system for medical professionals: prospective feasibility study //JMIR Formative Research. — 2022. — Vol. 6. — № 3. — P. e29943.
11. Tegenaw G.S. et al. Evaluating a clinical decision support point of care instrument in low resource setting //BMC Medical Informatics and Decision Making. — 2023. — Vol. 23. — № 1. — P. 51.
12. Rudin C. Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead //Nature machine intelligence. — 2019. — Vol. 1. — № 5. — P. 206–215.
13. Doshi-Velez F., Kim B. Towards a rigorous science of interpretable machine learning //arXiv preprint arXiv:1702.08608. — 2017.
14. Obermeyer Z., Emanuel E.J. Predicting the future—big data, machine learning, and clinical medicine //New England Journal of Medicine. — 2016. — Vol. 375. — № 13. — P. 1216–1219.
15. Jaspers M.W.M. et al. Effects of clinical decision-support systems on practitioner performance and patient outcomes: a synthesis of high-quality systematic review findings //Journal of the American Medical Informatics Association. — 2011. — Vol. 18. — № 3. — P. 327–334.

© Хаддад Некула (nekoula@inbox.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»