

DOI: <https://doi.org/10.17816/CS569263>

Эффективные системы поддержки принятия решений в клинической практике и профилактике: обзор литературы

А.А. Комков^{1,2}, С.В. Рязанова¹, В.П. Мазаев¹

¹ НМИЦ терапии и профилактической медицины, Москва, Российская Федерация;

² Городская клиническая больница № 67 им. Л.А. Ворохобова, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Системы принятий клинических решений (СПКР) способны в значительной степени упростить работу специалистов и помочь избежать врачебных ошибок, часто значимо превосходя человеческие возможности в обработке большого количества информации. Внедрение подобных систем представляет собой сложную задачу и нуждается в высокотехнологичных разработках. Годовой прирост создания таких систем представляет собой геометрическую прогрессию, однако вопрос внедрения большинства из них в реальную клиническую практику и клинические рекомендации остается открытым. СПКР демонстрируют разнообразие их использования для решения разных вопросов диагностики, лечения и профилактики заболеваний, а также рассматривают связь между научными клиническими наблюдениями. В настоящее время технологические возможности создания СПКР используют многие системы накопления и обработки данных с применением алгоритмов машинного обучения и свёрточных нейронных сетей, что приводит к получению данных, опережающих способности человеческого мышления принять логику рекомендуемых решений. В работе представлены наиболее изученные современные СПКР, возможности их применения и проблемы внедрения.

Ключевые слова: системы поддержки принятия врачебных решений; системы принятия клинических решений; машинное обучение.

Как цитировать:

Комков А.А., Рязанова С.В., Мазаев В.П. Эффективные системы поддержки принятия решений в клинической практике и профилактике: обзор литературы // CardioСоматика. 2023. Т. 14, № 3. С. 177–185. DOI: <https://doi.org/10.17816/CS569263>

DOI: <https://doi.org/10.17816/CS569263>

Effective decision support systems in clinical practice and prevention: literature review

Artem A. Komkov^{1,2}, Svetlana V. Ryazanova¹, Vladimir P. Mazaev¹

¹ National Medical Research Center of Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russian Federation;

² Vorokhobov City Clinical Hospital N 67, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Clinical decision support systems (CDSS) often outperform human capabilities for processing a large amount of information, dramatically simplifying the work of specialists and avoiding medical errors. The implementation of such systems is a complex task that requires high-tech developments. The annual increase in the development of such systems has a geometric progression. However, it is unclear if most of them will be integrated into clinical practice and recommendations. The use of CDSS to address various disease diagnosis, treatment, and prevention issues is demonstrated, and possible linkages between scientific clinical observations and CDSS are examined. Currently, many data gathering and processing systems use machine learning algorithms and convolutional technologies to create CDSS, resulting in data that exceeds the ability of human thinking to determine the logic of recommended decisions. This study presents the most studied modern CDSS, the possibilities of their application, and the implementation issues.

Keywords: clinical decision support system; machine learning.

To cite this article:

Komkov AA, Ryazanova SV, Mazaev VP. Effective decision support systems in clinical practice and prevention: literature review. *Cardiosomatics*. 2023;14(3):177–185. DOI: <https://doi.org/10.17816/CS569263>

Received: 15.08.2023

Accepted: 15.09.2023

Published: 02.10.2023

ОБОСНОВАНИЕ

Компьютеризированные системы поддержки клинических решений (СПКР) представляют собой новую парадигму в современном здравоохранении. СПКР используют для оказания помощи медицинским работникам разных специальностей в сложных процессах принятия решений. С момента их первого использования в 1980-х гг. СПКР претерпели значительную эволюцию. В настоящее время СПКР применяют как при извлечении данных, так и при заполнении электронных медицинских карт и выполнении ряда других компьютеризированных клинических рабочих процессов. За последние десятилетия было опубликовано множество успешных примеров применения СПКР, но заметные неудачи, связанные с чрезмерным отвлечением внимания специалистов, значительными финансовыми издержками, проблемами обслуживания и недоверием пользователей, показали, что СПКР не лишены рисков негативного влияния на конечный результат [1]. Остаются малоизученными важные вопросы о влиянии СПКР на поставщиков медицинских услуг, а также о затратах на их разработку, внедрение и поддержку.

Представленные в настоящем обзоре примеры СПКР демонстрируют разнообразие их использования для решения разных вопросов диагностики, лечения и профилактики заболеваний, и рассматривается связь между научными клиническими наблюдениями. СПКР основываются на следующих целях применения информационных технологий в области здравоохранения [2]:

- повысить качество медицинского обслуживания;
- повысить эффективность медицинского обслуживания;
- сократить расходы на здравоохранение;
- предотвратить медицинские ошибки и повысить точность медицинского обслуживания;
- повысить административную эффективность и улучшить рабочие процессы в сфере здравоохранения;
- сократить бумажную волокиту и непроизводительное время;
- расширить общение в режиме реального времени между медицинскими работниками;
- расширить доступ к дорогостоящему медицинскому обслуживанию.

Цель работы — рассмотреть наиболее распространённые и перспективные СПКР и возможности их применения в реальной клинической практике и профилактике.

МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ

Отбор оригинальных отечественных и зарубежных статей и обзоров литературы осуществляли с помощью электронной базы PubMed (MEDLINE) и библиотеки eLibrary за период с августа 2018 по август 2023 года. Также дополнительно, исходя из значимости содержащейся в них информации, включили некоторые ключевые статьи с 1998 по 2017 год с поиском по названию и следующим

комбинациям ключевых слов (на русском и английском языке): «системы поддержки принятия врачебных решений»; «СППВР»; «системы принятия клинических решений»; «машинное обучение». В результате поиска было получено 859 источников, из которых исключено 432 статьи, в которых не освещалась проблема СПКР; в результате отобрано 427 статей. По итогам финального отбора статьи с неполным текстом и работы с недостаточной научной ценностью (по мнению авторов) были исключены. В результате в работе использовано 29 источников литературы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Варианты, подобные СПКР, основанные на научных исследованиях, клинических рекомендациях и мнениях экспертов в отечественных разработках

Системы контроля избыточной массы тела в рамках перспективных направлений отечественной цифровой медицины

В исследовании участвовали мужчины и женщины с индексом массы тела 27–37 кг/м². Всем участникам проводили мотивационное консультирование и выдавали приборы для самоконтроля. Активное наблюдение и самоконтроль применяли в исследовании на протяжении 6 мес с использованием мобильного приложения «Доктор ПМ». В результате группа активного наблюдения достигла статистически значимого уровня снижения массы тела в 47,2%, в то время как группа самоконтроля достигла снижения массы тела лишь в 37,8% ($\chi^2=4,95$; $p=0,026$). Количество потребляемых продуктов с избыточным содержанием жиров, углеводов и соли статистически значительно снизилось, а потребление овощей и фруктов — увеличилось в обеих группах независимо от числа очных визитов и активности вмешательства ($p < 0,05$). Потребление жирных и сладких продуктов статистически значительно ($p < 0,05$) сократилось у лиц, достигших целевого уровня снижения массы тела. Таким образом, профилактическое персонализированное мотивационное консультирование с последующим дистанционным контролем с помощью мобильного приложения «Доктор ПМ» обеспечило модификацию пищевых привычек вне зависимости от интенсивности вмешательства и было схоже по своему функционалу с СПКР [3].

СПКР при сепсисе для улучшения медицинских показателей

Пуём проведения ретроспективного анализа базы данных медицинской информационной системы (МИС) «qMS» было подтверждено, что диагноз «Сепсис» был установлен у 67 пациентов: у 1,4‰ (27/18792) — до внедрения и у 2,1‰ (40/19205) — после внедрения СПКР ($p < 0,01$). Смертность

при сепсисе уменьшилась на 10%, однако разница не достигла статистической значимости. Применение СПКР, встроенной в МИС клиники, привело к уменьшению числа случаев септического шока с 26 (7/27) до 7,5% (3/40; $p < 0,05$) [4].

Результаты ретроспективного анализа применения СПКР у пациентов с гипертонической болезнью и мерцательной аритмией (исследование ИНТЕЛЛЕКТ)

Проанализированы электронные медицинские карты 291 пациента с гипертонической болезнью и мерцательной аритмией, лечившихся в НМИЦ им. В.А. Алмазова (Санкт-Петербург). В 18% случаев медикаментозное лечение согласовывалось с рекомендованными стандартами лечения. Использование СПКР привело к повышению на 15% (95% доверительный интервал, ДИ, 10–21%) частоты применения новых пероральных антикоагулянтов и снижению на 14% (95% ДИ 10–19%) частоты назначения варфарина по сравнению с обычными назначениями в медицинских картах. Противоаритмическое лечение подбиралось по стандартам в 69% случаев. При использовании СПКР радиочастотная абляция назначалась на 32% (95% ДИ 26–37%) чаще [5].

Количественная компьютерная томография (ККТ), современные данные

Отечественными исследователями была описана методика определения остеопороза с помощью автоматизированных методик ККТ на основе искусственного интеллекта для оппортунистического скрининга.

Оценка возрастных изменений, эффективность проводимой терапии и прогнозирование переломов возможны посредством измерения минеральной плотности костей губчатого вещества тел позвонков. Для диагностики остеопороза необходимо проведение ККТ крупной трубчатой кости, при котором берутся во внимание структура кортикального и трабекулярного слоя крупных трубчатых костей. Измерение минеральной плотности кости шейки крупной трубчатой кости с использованием метода ККТ может быть использовано в калькуляторе риска переломов FRAX [6].

Опыт применения различных современных СПКР, основанных на рекомендациях после обучения нейронной сети на собственных данных

Прогнозирование ненужных томографических исследований у пациентов с подозрением на ишемическую болезнь сердца (ИБС) с помощью машинного обучения электронных медицинских карт

Исследователи клиники University Medical Center (Утрехт, Нидерланды) обучили алгоритмы XGBoost на данных пациентов из базы, которым была проведена коронарная компьютерная томография-ангиография (КТА) и/или стресс-магнитно-резонансная томография сердца (СМРТС), или однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ). Результаты были предсказаны с помощью XGBoost (оптимизированного градиента) [7].

XGBoost способен обрабатывать разреженные данные и пропущенные значения, что сделало его подходящим для обучения модели. Исходный набор данных был случайным образом разделён: на 90% — на обучающий набор, на котором была проведена 10-кратная перекрёстная проверка, и на 10% — на тестовый набор. Прогностические признаки были отличены от шумовых при помощи алгоритма Борута [8]. Вручную установили число итераций повышения градиента, основываясь на точности проверки. Для оптимизации использовали прогнозы, полученные в результате 10-кратной перекрёстной проверки. Были разработаны модели с разбивкой по полу. Для интерпретации модели рассчитали аддитивные объяснения значения Шепли (SHAP), где каждое значение SHAP представляет собой влияние, которое объект генерирует при прогнозировании. Пациента помечали как истинно отрицательного, если вероятность отсутствия ИБС была $> 0,95$, и у пациента не было ИБС. Площадь под кривой (AUC), отрицательное прогностическое значение (NPV), специфичность (SPEC) и частоту ложноотрицательных результатов расценивали как основные показатели эффективности, поскольку авторы специально сосредоточились на отсутствии ИБС при КТА и ОФЭКТ / СМРТС. Модели КТА достигли значений $AUCs=0,80$ (у женщин) и $AUCs=0,79$ (у мужчин). В моделях ОФЭКТ / СМРТС значения площадей под кривыми составили $AUCs=0,61$ (у женщин) и $AUCs=0,60$ (у мужчин). ИБС может быть исключена из МИС при высоком отрицательном прогностическом значении [9].

Новая СПКР для отделений интенсивной терапии, использующая машинное обучение

СПКР в режиме реального времени, обнаруживающие аномалии и отклонения по среднему артериальному давлению, позволяют проводить ранние вмешательства и предотвращать серьёзные осложнения. Современные СПКР основаны на трёхэтапном методе, который предусматривает обучение в автономном режиме, переводное обучение и переподготовку у постели больного. Их применение в отделениях интенсивной терапии затруднено из-за больших задержек и погрешности показателей. Исследователи предложили СПКР в режиме реального времени, прогнозирующую состояние карты у постели больного, используя новую структуру машинного обучения. Предлагаемая система работает, не требуя автономной фазы обучения с использованием больших наборов данных. Это обеспечивает своевременное вмешательство и улучшение качества медицинского обслуживания. Предлагаемая структура машинного обучения включает в себя 2 этапа. Этап I применяет онлайн-обучение с использованием иерархической временной памяти для обеспечения потоковой обработки в реальном времени и предоставляет неконтролируемые прогнозы. Этап II — это классификатор долговременной-кратковременной памяти, который прогнозирует состояние здоровья пациента. Производительность предлагаемой системы сравнивали с самыми современными системами,

используемыми логистическую регрессию. Предлагаемая система превосходила логистическую регрессию с точки зрения точности классификации, отзыва, прецизионности и площади под характеристической кривой (AUROC). Алгоритм Relief показал небольшое снижение точности (с 0,985 до 0,975), AUROC (с 0,978 до 0,957) по сравнению со всеми инструментами [10].

Повышение эффективности принятия клинических решений по профилактике с использованием СПКР в пунктах оказания медицинской помощи

Исследование проводилось в соответствии с планом предварительного тестирования в искусственных клинических условиях. Профилактические услуги в основном предоставляются учреждениями первичной медико-санитарной помощи, уделяющими особое внимание скринингу и консультированию по факторам риска образа жизни, инфекционным заболеваниям, нарушениям обмена веществ, иммунизации и раку. Также была определена оценка потенциальной годовой экономии времени. Кроме того, в исследовании оценивали предполагаемую полезность и простоту использования СПКР, о которых сообщили врачи. Участники оценили 2 придуманные истории болезни пациентов и приняли клинические решения относительно того, какие профилактические услуги необходимы каждому пациенту. Один обзор карт был завершён с использованием СПКР для оказания профилактической помощи, а другой — без неё. Анализировали точность принятия клинических решений и время, затрачиваемое на принятие этих решений. СПКР при оказании профилактической помощи сэкономила в среднем 195,7 с времени просмотра показателей (249,5 против 445,2 с; $p < 0,001$). Исследователи посчитали что внедрение нового инструмента позволило бы сэкономить 82,6 ч в год. Новый инструмент не повлиял на точность принятия решений (78,4 против 80,9%; $p > 0,05$). Участники отметили, что СПКР для профилактической помощи была полезной и простой в использовании [11].

Доступность и использование СПКР в офисных учреждениях первичной медико-санитарной помощи

В качестве примеров СПКР в исследовании были выбраны несколько переменных, включая использование напоминания о профилактических воздействиях и предупреждения при взаимодействии лекарств. Использование показателей СПКР варьировало от 68,5 до 100% среди учреждений первичной медико-санитарной помощи, принадлежащих врачам или группам врачей, у которых есть МИС. Согласно тестам, у одиночно практикующих врачей (по данным выбранных для этого исследования вопросам из опросника «Национальное исследование амбулаторной медицинской помощи») показатели использования и доступности СПКР были значительно ниже (16,3–28,9%), чем у объединённых в группы врачей по каждому из рассмотренных показателей [12].

Электронное оповещение о поддержке принятия клинических решений в режиме реального времени для назначения доконтактной профилактики (ДкП) молодёжи, подверженной риску заражения ВИЧ (<https://www.cdc.gov/hiv/risk/prep/index.html>)

Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (Food and Drug Administration, FDA) одобрило тенофовир / эмтрицитабин для профилактики ВИЧ в июле 2012 года. Целью исследования [13] было оценить использование СПКР в применении ДкП в крупной педиатрической сети академического сообщества, оценить связь оповещения с частотой назначения ДкП. При проведении теста на ВИЧ в него был включён запрос: «Принесёт ли пациенту пользу назначение ДкП?». Из 56 учреждений, использующих предупреждение СПКР, в 70% ответили «не уверены», а в 54% выбрали по крайней мере 1 инструмент СПКР, и при этом частота назначения рецептов по ДкП увеличилась с 2,3 до 6,6 на 10 тыс. пациентов в течение года после начала исследования ($p=0,02$), что в некоторой степени свидетельствует о пробеле в знаниях педиатров при выявлении пациентов, которым желательно назначение ДкП [13].

СПКР в профилактике венозной тромбоземболии (ВТЭ) среди нехирургических пациентов

Целью работы [14] было определить влияние СПКР на использование рекомендаций по профилактике ВТЭ у нехирургических пациентов в отделении интенсивной терапии. Было выполнено перекрёстное исследование СПКР до и после внедрения системы. Выборки на этапе до и после вмешательства включали 175 и 27 пациентов соответственно. После введения СПКР уровень соблюдения рекомендаций по профилактике ВТЭ у нехирургических пациентов в отделениях интенсивной терапии увеличился с 48,6 до 77,8% ($p < 0,1$). Однако уровень смертности (13,80% до вмешательства против 14,80% после него; $p=0,88$) и средняя продолжительность пребывания в отделении интенсивной терапии (13,66 до вмешательства против 13,63 после него; $p=0,49$) существенно не изменились. Результаты показывают, что использование СПКР в некоторой степени повышает приверженность к профилактике ВТЭ у нехирургических пациентов в отделениях интенсивной терапии [14].

Роль СПКР в профилактике инсульта (первичный систематический обзор)

Установлено, что СПКР облегчают процессы принятия решений в учреждениях первичной медико-санитарной помощи для профилактики инсульта. В то время как большинство систем приводили лишь к небольшому или умеренному улучшению результатов лечения пациентов, некоторые исследования демонстрируют потенциальные преимущества СПКР в профилактике инсультов и повышении качества первичной медико-санитарной помощи. При разработке, внедрении и использовании СПКР были выявлены барьеры. Будущие исследования должны будут

рассмотреть новые способы проектирования таких систем для обеспечения их надёжности [15].

Подход к использованию СПКР объединяет известные ранее исследованные методики и служит более выгодным решением для применения в практике для улучшения клиничко-экономических показателей. Основным барьером широкого применения подобных систем являются проблемы их внедрения в рутинную клиническую практику медицинских специалистов, а также соблюдение всех принципов валидации перед публикациями и широким использованием [16].

Обсуждение проблем использования СПКР

На протяжении последних десятилетий настойчивое внедрение СПКР в диагностику и лечение различных заболеваний объясняется возможностями применения для этих целей расширенных компьютерных технологий на основе элементов искусственного интеллекта. При создании СПКР было использовано множество математических схем (включая наивный байесовский алгоритм, алгоритм дерева решений и искусственную нейронную сеть) с разной степенью успеха (в пределах 85%, с определённым преимуществом в применении машинного обучения). Машинное обучение как элемент создания СПКР может превосходить стандартные статистические методы и обеспечивать большую гибкость в процессе принятия решений. Эти 3 алгоритма распространены, хорошо изучены и служат моделями, на основе которых построены многие другие системы [17]. Независимо от используемого инструмента поддержки принятия решений или лежащего в его основе алгоритма обучения, все они зависят от входных данных. Показано, что качество этих входных данных оказывает большое влияние на процесс машинного обучения и производительность систем [18]. Таким образом, подготовка и использование данных для обучения часто отнимают большую часть усилий, связанных с использованием инструментов поддержки принятия решений в медицине.

В опубликованных обзорах литературы обсуждены СПКР, используемые в качестве диагностических инструментов, напоминаний, систем управления заболеваниями и рекомендаций по лечению, применение которых в 64% наблюдений привело к улучшению работы практикующих врачей и в 13% — к улучшению результатов ведения пациентов. Медицинские состояния, рассматриваемые в исследованиях, включали психические, сердечные и абдоминальные расстройства [19–24].

Использование СПКР также приводило к значительному сокращению числа заказов на лекарства и их чрезмерного использования.

Несмотря на многие перспективные направления, СПКР не получили окончательного позитивного утверждения как абсолютно надёжный помощник в медицинской практике. СПКР часто используют лишь для узких целевых рекомендаций.

Новым направлением в применении СПКР стал переход к целям профилактики заболеваний и снижению затрат при чрезмерном использовании новых диагностических

технологий. Использование СПКР для предстартовых решений может дать существенный экономический выход, ограничив применение дорогостоящих исследований, включая интервенционные. Развивается новое направление в использовании СПКР, заключающееся в снижении затрат при чрезмерном применении сложных диагностических методов за счёт предстартовых решений на основе машинного обучения. Это становится актуальным в условиях растущего спроса на здравоохранение. Систематический сбор и хранение данных электронных медицинских карт позволяют использовать большие наборы данных для разработки СПКР. Кроме того, компьютерные системы могут интегрировать больше переменных, чем люди [25–28]. Так, в частности, для определения возможности обеспечения поддержки принятия клинических решений по исключению ИБС у пациентов с дискомфортом в грудной клетке разработаны алгоритмы стратификации с использованием электронных медицинских карт, включая необработанные ЭКГ и гематологические биомаркёры. Полученные алгоритмы предсказывают исход ИБС с помощью компьютерной ангиографии и стрессового магнитного резонанса сердца (CMR) / стрессовой однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (SPECT) и могут быть реализованы в клинической практике до проведения интервенционной визуализации.

Таким образом, СПКР применяются в МИС и предоставляют медицинским работникам и пациентам общую и индивидуальную информацию, разумно отфильтрованную и организованную в соответствующее время для улучшения состояния здоровья и качества оказания медицинской помощи. Как следует из названия, цель СПКР — максимизировать вероятность того, что клинические решения будут основаны на фактических данных и адаптированы к индивидуальному пациенту и конкретной клинической ситуации [16]. Подход к использованию СПКР объединяет известные ранее исследованные методики и служит более выгодным решением для применения в практике с целью улучшения клиничко-экономических показателей. Основным барьером широкого применения подобных систем являются проблемы их внедрения в рутинную клиническую практику медицинских специалистов с соблюдением принципов валидации при публикациях и широком использовании [14].

В настоящее время технологические возможности создания СПКР используют многие системы накопления и обработки данных с применением алгоритмов машинного обучения и свёрточных нейронных сетей, что приводит к получению данных, опережающих способности человеческого мышления принять логику рекомендуемых решений [29].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПКР могут в значительной степени упростить работу специалистов и помочь избежать врачебных ошибок, зачастую значительно превосходя человеческие возможности в обработке большого объёма информации. Внедрение подобных систем представляет собой сложную задачу и нуждается в высокотехнологичных разработках.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Не указан.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. А.А. Комков — создание идеи рукописи, подготовка рукописи, ответственный за все аспекты работы; В.П. Мазаев — проверка содержания, поиск источников литературы, подготовка рукописи, редактирование текста рукописи, ответственный за все аспекты работы; С.В. Рязанова — подготовка рукописи, редактирование текста рукописи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sutton R.T., Pincok D., Baumgart D.C., et al. An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success // NPJ Digit Med. 2020. N 3. P. 17. doi: 10.1038/s41746-020-0221-y
2. What are the advantages of electronic health records? [интернет]. HealthIT.gov [дата обращения: 26.09.2023]. Доступ по ссылке: <https://www.healthit.gov/faq/what-are-advantages-electronic-health-records>
3. Куликова М.С., Калинина А.М., Еганян Р.А., и др. Использование инструментов мобильного здравоохранения в контроле избыточной массы тела и привычек питания: результаты российского многоцентрового рандомизированного исследования // Профилактическая медицина. 2022. Т. 25, № 12. С. 46–54. doi: 10.17116/profmed20222512146
4. Горбань В.И., Бахтин М.Ю., Щеголев А.В., Лобанова Ю.В. Система поддержки принятия врачебных решений при сепсисе как важная часть медико-экономической составляющей стационара // Альманах клинической медицины. 2019. Т. 47, № 3. С. 204–211. doi: 10.18786/2072-0505-2019-47-010
5. Лосик Д.В., Козлова С.Н., Кривошеев Ю.С., и др. Результаты ретроспективного анализа выбора терапии при помощи сервиса поддержки принятия врачебных решений у пациентов с артериальной гипертензией и фибрилляцией предсердий (ИНТЕЛЛЕКТ) // Российский кардиологический журнал. 2021. Т. 26, № 4. С. 4406. doi: 10.15829/1560-4071-2021-4406
6. Петрайкин А.В., Скрипникова И.А. Количественная компьютерная томография, современные данные. Обзор // Медицинская визуализация. 2021. Т. 25, № 4. С. 134–146. doi: 10.24835/1607-0763-1049
7. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A scalable tree boosting system. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining; 2016 Aug 13–17. P. 785–794. doi: 10.1145/2939672.2939785
8. Kursu M.B., Rudnicki W.R. Feature Selection with the Boruta Package // Journal of Statistical Software. 2010. Vol. 36, N 11. P. 1–13. doi: 10.18637/JSS.V036.I11
9. Overmars L.M., Van Es B., Groepenhoff F., et al. Preventing unnecessary imaging in patients suspect of coronary artery disease through machine learning of electronic health records // Eur Heart J Digit Health. 2021. Vol. 3, N 1. P. 11–19. doi: 10.1093/ehjdh/ztb103

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. Not specified.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Author's contribution. A.A. Komkov — creation of the idea of the manuscript, preparation of the manuscript, responsible for all aspects of the work; V.P. Mazaev — content verification, search for literary sources, preparation of the manuscript, editing of the text of the manuscript, responsible for all aspects of the work; S.V. Ryzanova — preparation of the manuscript, editing of the text of the manuscript. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

10. El-Ganainy N.O., Balasingham I., Halvorsen P.S., Rosseland L.A. A new real time clinical decision support system using machine learning for critical care units // IEEE Access. 2020. N 8. P. 185676–185687. doi: 10.1109/ACCESS.2020
11. Laing S., Mercer J. Improved preventive care clinical decision-making efficiency: leveraging a point-of-care clinical decision support system // BMC Med Inform Decis Mak. 2021. Vol. 21, N 1. P. 315. doi: 10.1186/s12911-021-01675-8
12. Jing X., Himawan L., Law T. Availability and usage of clinical decision support systems (CDSSs) in office-based primary care settings in the USA // BMJ Health Care Inform. 2019. Vol. 26, N 1. P. e100015. doi: 10.1136/bmjhci-2019-100015
13. Chan C.T., Vo M., Carlson J., et al. Pediatric Provider Utilization of a Clinical Decision Support Alert and Association with HIV Pre-exposure Prophylaxis Prescription Rates // Appl Clin Inform. 2021. Vol. 13, N 1. P. 30–36. doi: 10.1055/s-0041-1740484
14. Karajzadeh M., Zand F., Sharian R., et al. Effect of Web-based Clinical Decision Support Systems on Adherence to Venous Thromboembolism Prophylaxis guideline among ICU Nonsurgical Patients: A Prospective Before and After Study // Research Square. Preprint (Version 1). 2021. doi: 10.21203/rs.3.rs-842416/v1
15. Alasiri S.F., Douiri A., Altukistani S., et al. The Role of Clinical Decision Support Systems in Preventing Stroke in Primary Care: A Systematic Review // Perspect Health Inf Manag. 2023. Vol. 20, N 2. P. 1d.
16. Реброва О.Ю. Жизненный цикл систем поддержки принятия врачебных решений как медицинских технологий // Врач и информационные технологии. 2020. № 1 С. 27–37. doi: 10.37690/1811-0193-2020-1-27-37
17. Awaysheh A., Wilcke J., Elvinger F., et al. Review of Medical Decision Support and Machine-Learning Methods // Vet Pathol. 2019. Vol. 56, N 4. P. 512–525. doi: 10.1177/0300985819829524
18. Sharma D., Jain S. Evaluation of Stemming and Stop Word Techniques on Text Classification Problem // International Journal of Scientific Research in Computer Science and Engineering. 2015. Vol. 3, N 2. P. 1–4.
19. Lewis G., Sharp D., Bartholomew J., Pelosi A.J. Computerized assessment of common mental disorders in primary care: effect on clinical outcome // Fam Pract. 1996. Vol. 13, N 2. P. 120–126. doi: 10.1093/fampra/13.2.120

20. Wellwood J., Johannessen S., Spiegelhalter D.J. How does computer-aided diagnosis improve the management of acute abdominal pain? // *Ann R Coll Surg Engl*. 1992. N 74. P. 40–46.
21. Cannon D.S., Allen S.N. A comparison of the effects of computer and manual reminders on compliance with a mental health clinical practice guideline // *J Am Med Inform Assoc*. 2000. Vol. 7, N 2. P. 196–203. doi: 10.1136/JAMIA.2000.0070196
22. Selker H.P., Beshansky J.R., Griffith J.L., et al. Use of the acute cardiac ischemia time-insensitive predictive instrument (ACI-TIPI) to assist with triage of patients with chest pain or other symptoms suggestive of acute cardiac ischemia. A multicenter, controlled clinical trial // *Ann Intern Med*. 1998. Vol. 129, N 11. P. 845–855. doi: 10.7326/0003-4819-129-11_part_1-199812010-00002
23. Schriger D.L., Gibbons P.S., Langone C.A., et al. Enabling the diagnosis of occult psychiatric illness in the emergency department: A randomized, controlled trial of the computerized, self-administered PRIME-MD diagnostic system // *Ann Emerg Med*. 2001. Vol. 37, N 2. P. 132–140. doi: 10.1067/mem.2001.112255
24. Pozen M.W., D'Agostino R.B., Selker H.P., et al. A Predictive Instrument to Improve Coronary-Care-Unit Admission Practices in Acute Ischemic Heart Disease // *N Engl J Med*. 2010. Vol. 310, N 20. P. 1273–1278. doi: 10.1056/NEJM198405173102001
25. Gijbarts C.M., Den Ruijter H.M., De Kleijn D.P.V., et al. Hematological Parameters Improve Prediction of Mortality and Secondary Adverse Events in Coronary Angiography Patients: A Longitudinal Cohort Study // *Medicine (Baltimore)*. 2015. Vol. 94, N 45. P. e1992. doi: 10.1097/MD.0000000000001992
26. Kofink D., Muller S.A., Patel R.S., et al. Routinely measured hematological parameters and prediction of recurrent vascular events in patients with clinically manifest vascular disease // *PLoS One*. 2018. Vol. 13, N 9. P. e0202682. doi: 10.1371/journal.pone.0202682
27. Gijbarts C.M., Ellenbroek G.H.J.M., Ten Berg M.J., et al. Routinely analyzed leukocyte characteristics improve prediction of mortality after coronary angiography // *Eur J Prev Cardiol*. 2016. Vol. 23, N 11. P. 1211–1220. doi: 10.1177/2047487315621832
28. den Harder A.M., de Jong P.A., de Groot M.C.H., et al. Commonly available hematological biomarkers are associated with the extent of coronary calcifications // *Atherosclerosis*. 2018. N 275. P. 166–173. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.06.017
29. Мазаев В.П., Комков А.А., Рязанова С.В., и др. Выявление скрытой фибрилляции предсердий, сниженной фракции выброса левого желудочка и нарушения обмена калия на традиционной электрокардиограмме с применением глубокой сверточной нейронной сети как элемента искусственного интеллекта // *Современные проблемы науки и образования*. 2020. № 6. doi: 10.17513/spno.30478

REFERENCES

1. Sutton RT, Pincock D, Baumgart DC, et al. An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success. *NPJ Digit Med*. 2020;3:17. doi: 10.1038/s41746-020-0221-y
2. What are the advantages of electronic health records? [Internet]. HealthIT.gov [cited 2023 Sep 26]. Available from: <https://www.healthit.gov/faq/what-are-advantages-electronic-health-records>
3. Kulikova MS, Kalinina AM, Eganyan RA, et al. Use of mobile health tools in controlling overweight and eating habits: results of a Russian multicenter randomized trial. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2022;25(12):46–54. (In Russ). doi: 10.17116/profmed20222512146
4. Gorban VI, Bakhtin MY, Shchegolev AV, Lobanova YV. The clinical decision support system for sepsis as an important part of the medical and economic component of a hospital. *Almanac of Clinical Medicine*. 2019;47(3):204–211. (In Russ). doi: 10.18786/2072-0505-2019-47-010
5. Losik DV, Kozlova SN, Krivosheev YuS, et al. Retrospective analysis of clinical decision support system use in patients with hypertension and atrial fibrillation (INTELLECT). *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(4):4406. (In Russ). doi: 10.15829/1560-4071-2021-4406
6. Petraikin AV, Skripnikova IA. Quantitative Computed Tomography, modern data. Review. *Medical Visualization*. 2021;25(4):134–146. (In Russ). doi: 10.24835/1607-0763-1049
7. Chen T, Guestrin C. XGBoost: A scalable tree boosting system. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining; 2016 Aug 13–17. P. 785–794. doi: 10.1145/2939672.2939785
8. Kurska MB, Rudnicki WR. Feature Selection with the Boruta Package. *Journal of Statistical Software*. 2010;36(11):1–13. doi: 10.18637/JSS.V036.I11
9. Overmars LM, Van Es B, Groepenhoff F, et al. Preventing unnecessary imaging in patients suspect of coronary artery disease through machine learning of electronic health records. *Eur Heart J Digit Health*. 2021;3(1):11–19. doi: 10.1093/ehjdh/ztb103
10. El-Ganainy NO, Balasingham I, Halvorsen PS, Rosseland LA. A new real time clinical decision support system using machine learning for critical care units. *IEEE Access*. 2020;8:185676–185687. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3030031
11. Laing S, Mercer J. Improved preventive care clinical decision-making efficiency: leveraging a point-of-care clinical decision support system. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2021;21(1):315. doi: 10.1186/s12911-021-01675-8
12. Jing X, Himawan L, Law T. Availability and usage of clinical decision support systems (CDSSs) in office-based primary care settings in the USA. *BMJ Health Care Inform*. 2019;26(1):e100015. doi: 10.1136/bmjhci-2019-100015
13. Chan CT, Vo M, Carlson J, et al. Pediatric Provider Utilization of a Clinical Decision Support Alert and Association with HIV Pre-exposure Prophylaxis Prescription Rates. *Appl Clin Inform*. 2021;13(1):30–36. doi: 10.1055/s-0041-1740484
14. Karajizadeh M, Zand F, Sharian R, et al. Effect of Web-based Clinical Decision Support Systems on Adherence to Venous Thromboembolism Prophylaxis guideline among ICU Nonsurgical Patients: A Prospective Before and After Study. *Research Square*. Preprint (Version 1). 2021. doi: 10.21203/rs.3.rs-842416/v1
15. Alasiri SF, Douiri A, Altukistani S, et al. The Role of Clinical Decision Support Systems in Preventing Stroke in Primary Care: A Systematic Review. *Perspect Health Inf Manag*. 2023;20(2):1d.
16. Rebrova OYu. Life cycle of decision support systems as medical technologies. *Medical doctor and IT*. 2020;1:27–37. (In Russ). doi: 10.37690/1811-0193-2020-1-27-37
17. Alwaysheh A, Wilcke J, Elvinger F, et al. Review of Medical Decision Support and Machine-Learning Methods. *Vet Pathol*. 2019;56(4):512–525. doi: 10.1177/0300985819829524
18. Sharma D, Jain S. Evaluation of Stemming and Stop Word Techniques on Text Classification Problem. *International Journal*

of Scientific Research in Computer Science and Engineering. 2015;3(2):1–4.

19. Lewis G, Sharp D, Bartholomew J, Pelosi AJ. Computerized assessment of common mental disorders in primary care: effect on clinical outcome. *Fam Pract*. 1996;13(2):120–126. doi: 10.1093/fampra/13.2.120

20. Wellwood J, Johannessen S, Spiegelhalter DJ. How does computer-aided diagnosis improve the management of acute abdominal pain? *Ann R Coll Surg Engl*. 1992;74:40–46.

21. Cannon DS, Allen SN. A comparison of the effects of computer and manual reminders on compliance with a mental health clinical practice guideline. *J Am Med Inform Assoc*. 2000;7(2):196–203. doi: 10.1136/JAMIA.2000.0070196

22. Selker HP, Beshansky JR, Griffith JL, et al. Use of the acute cardiac ischemia time-insensitive predictive instrument (ACI-TIPI) to assist with triage of patients with chest pain or other symptoms suggestive of acute cardiac ischemia. A multicenter, controlled clinical trial. *Ann Intern Med*. 1998;129(11):845–855. doi: 10.7326/0003-4819-129-11_part_1-199812010-00002

23. Schriger DL, Gibbons PS, Langone CA, et al. Enabling the diagnosis of occult psychiatric illness in the emergency department: A randomized, controlled trial of the computerized, self-administered PRIME-MD diagnostic system. *Ann Emerg Med*. 2001;37(2):132–140. doi: 10.1067/mem.2001.112255

24. Pozen MW, D'Agostino RB, Selker HP, et al. A Predictive Instrument to Improve Coronary-Care-Unit Admission

Practices in Acute Ischemic Heart Disease. *N Engl J Med*. 2010;310(20):1273–1278. doi: 10.1056/NEJM198405173102001

25. Gijssberts CM, Den Ruijter HM, De Kleijn DPV, et al. Hematological Parameters Improve Prediction of Mortality and Secondary Adverse Events in Coronary Angiography Patients: A Longitudinal Cohort Study. *Medicine (Baltimore)*. 2015;94(45):e1992. doi: 10.1097/MD.0000000000001992

26. Kofink D, Muller SA, Patel RS, et al. Routinely measured hematological parameters and prediction of recurrent vascular events in patients with clinically manifest vascular disease. *PLoS One*. 2018;13(9):e0202682. doi: 10.1371/journal.pone.0202682

27. Gijssberts CM, Ellenbroek GHJM, Ten Berg MJ, et al. Routinely analyzed leukocyte characteristics improve prediction of mortality after coronary angiography. *Eur J Prev Cardiol*. 2016;23(11):1211–1220. doi: 10.1177/2047487315621832

28. den Harder AM, de Jong PA, de Groot MCH, et al. Commonly available hematological biomarkers are associated with the extent of coronary calcifications. *Atherosclerosis*. 2018;275:166–173. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.06.017

29. Mazaev VP, Komkov AA, Ryazanova SV, et al. The identification of latent atrial fibrillation, decreased ejection fraction of the left ventricle and potassium metabolism disorders on the conventional electrocardiogram using deep convolutional neural network as an element of artificial intelligence. *Modern problems of science and education*. (In Russ). 2020;6. doi: 10.17513/spno.30478

ОБ АВТОРАХ

* **Комков Артём Андреевич**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 101990, Москва, Петроверигский пер., д. 10, стр. 3;
ORCID: 0000-0001-7159-1790;
eLibrary SPIN: 4292-2364;
e-mail: artemkomkov@gmail.com

Рязанова Светлана Васильевна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0001-6776-0694;
eLibrary SPIN: 2487-0500;
e-mail: srayzanova@gnicpm.ru

Мазаев Владимир Павлович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-9782-0296;
eLibrary SPIN: 5288-7010;
e-mail: vpmazaev@gnicpm.ru

AUTHORS INFO

* **Artem A. Komkov**, MD, Cand. Sci. (Med.);
address: Bld. 3, 10 Petroverigskiy Lane, 101990 Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0001-7159-1790;
eLibrary SPIN: 4292-2364;
e-mail: artemkomkov@gmail.com

Svetlana V. Ryazanova, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0001-6776-0694;
eLibrary SPIN: 2487-0500;
e-mail: srayzanova@gnicpm.ru

Vladimir P. Mazaev, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;
ORCID: 0000-0002-9782-0296;
eLibrary SPIN: 5288-7010;
e-mail: vpmazaev@gnicpm.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author