



ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

DOI: 10.21045/1811-0185-2024-S-101-118

УДК 614.2

ПОДХОД К ВНЕДРЕНИЮ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ НА ПРИНЦИПАХ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕРВИСОВ ЦИФРОВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

А.Е. Михеев ✉

ФГБУН «Институт программных систем им. А.К. Айламазяна»

Российской академии наук, г. Переславль-Залесский, Россия.

<https://orcid.org/0000-0002-4777-2732>.

✉ Автор для корреспонденции: Михеев А.Е.

АННОТАЦИЯ

Несмотря на потенциальную эффективность, продемонстрированную в отдельных медицинских организациях, системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) не получили широкого распространения в России. Основываясь на положениях Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, утвержденной Указом Президента Российской Федерации, в статье сформулирована цель национального плана развития СППВР в медицине, определены ключевые факторы, необходимые для реализации этой цели, а также задачи, решение которых необходимо для обеспечения создания и широкого внедрения эффективных СППВР. Предлагается использовать принципы сервис-ориентированной архитектуры (СОА) для внедрения СППВР в цифровой медицинской экосистеме, что должно способствовать достижению заявленной цели. В статье описаны ключевые особенности и преимущества использования СОА в медицинской экосистеме. Описана модель развертывания СППВР в медицинской экосистеме на принципах СОА с обоснованием ключевых архитектурных решений. В качестве примера описана архитектура СППВР для оценки состояния здоровья пациента на амбулаторном этапе с точки зрения сервисов и управления ими. Обсуждены возможности и недостатки предложенной модели внедрения СППВР.

Ключевые слова: цифровая экосистема медицинской помощи, медицинская информационная система, МИС, сервис-ориентированная архитектура, СОА, электронная медицинская карта, ЭМК, система поддержки принятия врачебных решений, СППВР.

Для цитирования: Михеев А.Е. Подход к внедрению систем поддержки принятия врачебных решений на принципах сервис-ориентированной архитектуры с использованием сервисов цифровой медицинской экосистемы. Менеджер здравоохранения. 2024; S:101–118. DOI: 10.21045/1811-0185-2024-S-101-118

Введение

Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» утверждена Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года [1] – далее Стратегия. Стратегия является основным программным документом, направленным на развитие и внедрение отечественных решений, обеспечивающих внедрение искусственного интеллекта (ИИ) во все сферы экономической деятельности, включая здравоохранение, а также в повседневную жизнь граждан.

В феврале 2024 г. Президентом был подписан Указ об обновлении национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 г. Согласно обновленному документу [2],

к 2030 г. уровень доверия россиян к ИИ должен существенно повыситься и составить до 80%, а также должны увеличиться расходы организаций на внедрение ИИ. Этим же Указом федеральный проект «Искусственный интеллект» включен в национальный проект «Экономика данных», который будет регулировать вопросы применения искусственного интеллекта для обеспечения безопасности информационных систем и его использования в отраслях экономики.

В Стратегии приведен ряд стратегических задач, нацеленных на достижение широкомасштабного использования эффективных систем ИИ во всех сферах, в том числе и в социальной. Приоритетным направлением развития и использования технологий искусственного интеллекта в социальной сфере должно стать создание условий для улучшения

© Михеев А.Е., 2024 г.





уровня жизни населения, в том числе за счет повышения качества услуг в сфере здравоохранения, включая профилактические обследования, диагностику, основанную на анализе изображений, прогнозирование возникновения и развития заболеваний, подбор оптимальных дозировок лекарственных препаратов, сокращение угроз пандемий, автоматизацию и точность хирургических вмешательств [1].

В целом, наиболее популярными сегодня направлениями использования ИИ являются распознавание образов (изображений и голосовых записей), анализ текстов и генерация контента. В то же время во всех сферах экономики и бизнеса, включая медицину, основным направлением применения технологий ИИ являются прогнозирование и принятие решений. Об этом и говорится в Стратегии. Поэтому применительно к медицине вместо ИИ мы будем говорить о системах поддержки принятия решений (СППР), а точнее, системах поддержки принятия врачебных решений (СППВР), они же могут называться системами поддержки клинических решений (СППКР) – термин, широко используемый в США [3, 4, 5].

Если в СППВР используются технологии сложного моделирования, нейронные сети, технологии машинного обучения, тем более глубинного машинного обучения, про такие СППВР можно говорить, что они созданы/функционируют с использованием ИИ. Развитием классических СППВР посредством использования ИИ можно считать «метод цифровых двойников», который в дополнение к методам классической СППВР, соотносит динамически получаемые данные друг с другом и использует алгоритмы машинного обучения для осмысленного и целенаправленного включения новых данных в модель объекта с определенными клиническими и/или экономическими целями.

Но, как мы уже отмечали ранее в [6, 7], в СППВР не всегда используется ИИ, при том, что в составе медицинских информационных систем (МИС) всегда используются различные системы поддержки решений, принципиальное значение которых состоит в их способности предотвращать ошибки, связанные с пропуском необходимых мероприятий, подборе оптимальных сочетаний и дозировок лекарственных препаратов, предупреждении об угрозе возникновения неблагоприятных событий с пациентом и т.п., а также в предоставлении соответствующих рекомендаций, а не просто напоминаний и предупреждений. Рекомендация является основным компонентом СППВР, который может быть зафиксирован в ЭМК или реализован

в составе ПО в виде алгоритмов и правил. То есть будем считать, что понятие СППВР шире понятия «система ИИ», так как ИИ может использоваться, а может и не использоваться в СППВР.

Проблема построения СППВР в медицине очень сложная. Ее решение невозможно получить без преодоления сформулированных в [8] концептуальных барьеров, обсуждение которых выходит за рамки настоящей статьи. Другой проблемой современных систем СППВР является их недостаточное использование для улучшения качества медицинской помощи и результатов (исходов) лечения (клинической работы с пациентом) – по причине фрагментации помощи от различных поставщиков медицинских услуг, затрудненного доступа и отсутствия доверия к таким системам.

В настоящей статье предлагается рабочая модель по выполнению задач, определенных в Национальной стратегии развития искусственного интеллекта, основанная на принципах сервис-ориентированной архитектуры (СОА, англ. service-oriented architecture – SOA) в цифровой экосистеме медицинской помощи. В статье обсуждаются только принципы СОА, при этом технические особенности реализации СОА, обсуждение преимуществ и недостатков, ее отличий, например от микросервисной архитектуры (МСА) и т.п. выходят за рамки настоящей статьи.

Предложенная модель является, как нам представляется, одним из наиболее эффективных, хотя и не единственным возможным подходом к созданию и распространению сервисов поддержки принятия решений и к решению стратегических задач развития систем СППВР. В статье представлено направление исследований, начатое ранее в работах [6, 7, 9].

Краткий экскурс в историю систем поддержки принятия врачебных решений

В литературе существуют различные определения систем СППВР [3, 4, 5, 10, 11, 12]. Для целей данной статьи поддержкой принятия врачебных решений мы назовем действия по обеспечению врачей, сотрудников медицинских организаций, пациентов и других лиц знаниями и/или индивидуализированной, интеллектуально отобранной и своевременно предоставленной информацией, необходимой для оказания медицинской помощи или укрепления здоровья. Это определение было использовано в 2006 г. в программном документе Американской ассоциации



медицинской информатики – Дорожная карта национальных мероприятий по поддержке принятия клинических решений (Roadmap for National Action on Clinical Decision Support) [13].

Необходимость развития систем СППВР всегда определялась существенным разрывом между достижениями медицинской науки и повседневной клинической практикой [9]. Недостаточное использование научных знаний приводит к снижению качества лечения и учащению нежелательных исходов. Еще в 1999 г. Комитетом по качеству медицинской помощи Института медицины США был опубликован доклад по одной из наиболее острых медицинских проблем – безопасности пациентов, озаглавленный «Человеку свойственно ошибаться: Построение безопасной системы здравоохранения», в котором указывалось, что десятки тысяч американцев ежегодно умирают в результате предотвратимых ошибок в их лечении [14]. Сходные проблемы с качеством медицинской помощи существуют сегодня и в России [15, 16, 17, 18, 19, 20].

Предоставляя нужную информацию на определенном этапе клинического процесса тем, кому она необходима, СППВР могут эффективно влиять на повсеместно наблюдаемый кризис качества медицинской помощи, обозначенный в работах [6, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]. Например, в одном из систематических зарубежных обзоров 70-ти рандомизированных исследований с контролем по эффективности систем СППКР еще в далеком уже 2005 г было обнаружено, что системы, обладающие четырьмя критически важными свойствами, в 94% случаев достоверно повышают качество клинической практики [22, 6]. Эти четыре свойства включали [23]:

1. Автоматическую (SIC!) СППКР, как часть обычного клинического процесса.
2. Наличие в МИС индивидуализированных, практических рекомендаций.
3. Поддержку решений во время и в месте принятия клинических решений.
4. Использование компьютерных СППКР.

Особое внимание следует обратить на термин «автоматическая СППКР», означающий обязательное выполнение врачом предписаний СППКР. Несмотря на большие возможности СППВР в деле повышения качества медицинской помощи, в подавляющем большинстве случаев клинические решения принимаются без них [25], а совершенные автоматизированные СППВР, как часть обычного клинического процесса, пока эффективно внедрены

лишь в некоторых медицинских организациях (МО) России.

В настоящее время роль СППВР в России (как и в других развитых странах) далека от той, которую они потенциально могут играть. В самом деле, использование СППВР очень ограничено, формат хранения знаний, как правило, не стандартизован, содержание трудно использовать для других МО или даже для других приложений в рамках одной МО.

Недостаточная совместимость цифровых технологий, изолированность и недоступность источников медицинских данных, низкая эффективность цифровых интерфейсов и инструментов для помощи пациентам за пределами клиник тормозят реализацию концепции самообучающейся системы здравоохранения, которая осуществляет сбор фактических данных в режиме реального времени, связывает наборы данных и анализирует их с использованием искусственного интеллекта и машинного обучения [26].

Существующие подходы к внедрению СППВР также нельзя считать адекватными: пока еще очень мало используется накопленный опыт эксплуатации СППВР, а данные электронных медицинских карт (ЭМК) нельзя эффективно соотнести с последними клиническими знаниями и с отложенными проявлениями результатов лечения (исходами).

Таким образом, за исключением информации по лекарственному взаимодействию и по лекарственным аллергическим реакциям, использование медицинских ресурсов в системах ППВР для повышения качества медицинской помощи во многом остается скорее мечтой, чем реальностью [11, 24, 25].

Национальный план развития искусственного интеллекта: стратегические задачи в части СППВР

К сожалению, в Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года проблемам собственно здравоохранения и СППВР, в частности, уделено немного внимания. Тем не менее, исходя из положений Стратегии, считаем, что можно следующим образом сформулировать цель национального плана развития СППВР: формирование системы оказания медицинской помощи, в которой оптимальная, практичная и эффективная поддержка клинических решений доступна для врачей, пациентов и других пользователей там и тогда, где и когда она необходима для вынесения решений, касающихся медицинской помощи. Также





можно обозначить три ключевых фактора, необходимых для реализации этой цели:

1. Наличие и доступность для использования в СППВР наилучших на данный момент клинических знаний.
2. Широкое принятие и использование СППВР.
3. Постоянное пополнение клинических знаний и совершенствование методов ППВР.

Из этих трех ключевых факторов вытекает, по нашему мнению, шесть стратегических задач развития СППВР в России (таблица 1):

1. Стандартизация представления клинических знаний.
2. Эффективное распространение СППВР и клинических знаний.
3. Ликвидация препятствий перед созданием и распространением СППВР, создание механизмов стимулирования развития таких систем.
4. Повышение уровня доверия и принятия СППВР врачами и пациентами.
5. Систематическое изучение и обобщение опыта использования СППВР.
6. Разработка научно обоснованных клинических рекомендаций за счет полноценного

использования данных, содержащихся в ЭМК, и методов ППВР.

Далее мы предложим рабочую модель внедрения СППВР, которая способна реализовать перечисленные факторы и облегчить выполнение соответствующих стратегических задач. Данная модель обеспечивает внедрение СППВР на уровне региона или ведомства, а возможно и полномасштабное общенациональное использование СППВР в рамках цифровой медицинской экосистемы, опираясь на принципы сервис-ориентированной архитектуры (COA).

Сервис-ориентированная архитектура (COA) в медицинской экосистеме: ключевые особенности и преимущества

В контексте настоящей работы экосистемой медицинской помощи будем называть совокупность ИТ-продуктов, сервисов и бизнес-решений для управления здоровьем пациентов, ориентированную на континуум медицинской помощи [8]. При этом следует учитывать, что в отличие от бизнес-экосистем (Яндекс, Тинькофф, МТС, Сбер и пр.), ориентированных на потребителя-покупателя, цифровая

Таблица 1

Пути решения поставленных в статье задач развития СППВР в России

Фактор развития СППВР	Пути решения соответствующих стратегических задач
Наличие и доступность наилучших на данный момент клинических знаний в формате, позволяющем легко интегрировать эти знания в СППВР	<ol style="list-style-type: none"> 1. Представление клинических знаний и рекомендаций для СППВР в стандартизованном формате (машинночитаемом и текстовом) таким образом, чтобы разные разработчики могли использовать эти данные в понятном для пользователей, доступном и практичном виде. 2. Сбор, организация и распределение клинических знаний и рекомендаций для СППВР в одном или нескольких доступных сервисах, в которых пользователи могли бы найти необходимые материалы и использовать их в своих информационных системах и поддерживаемых ими технологических процессах.
Широкое принятие врачами и использование СППВР	<ol style="list-style-type: none"> 3. Устранение организационных, юридических и экономических препятствий, создание дополнительной поддержки и механизмов широкого распространения и использования СППВР, включая обеспечение условий для создания открытых библиотек ИИ, в том числе стимулирование (включая материальное) специалистов к участию в российских и международных проектах по их созданию. 4. Усиление принятия врачами рекомендаций СППВР за счет создания благоприятных условий для специалистов, работающих с программным обеспечением, в котором используются технологии искусственного интеллекта, включая: <ul style="list-style-type: none"> • организацию эффективного взаимодействия специалистов в области искусственного интеллекта с МО, по заказу которых создается программное обеспечение; • введение упрощенного режима реализации пилотных проектов, необходимых для развития технологий искусственного интеллекта; • введение практики обязательного обоснования врачами своих решений, принятых вразрез рекомендациям СППВР.
Постоянное накопление клинических знаний и совершенствование методов ППВР	<ol style="list-style-type: none"> 5. Анализ опыта использования СППВР, в первую очередь национального, посредством систематического учета и обобщения примеров внедрения этих систем, накопление и распространение лучших практик использования СППВР, в том числе извлечение уроков из их использования для постоянного совершенствования методов ППВР. 6. Расширение клинических знаний за счет полноценного использования для совершенствования медицинской помощи данных, содержащихся в ЭМК, которые были созданы посредством использующихся в МО России МИС.



экосистема медицинской помощи ориентируется на потребителя-пациента, которому предоставляется вся необходимая информация для принятия обоснованных решений по поводу своего здоровья (прозрачность информации). В парадигме цифровой экосистемы медицинской помощи каждый участник клинического процесса ориентирован на повышение ценности своих услуг для пациента при отсутствии монополиста [9]. Структура экосистемы может быть иерархической и в общем виде состоит из следующих компонентов [9]:

1. Оператор экосистемы.
2. Платформа и средства поддержки сотрудничества.
3. Владелец (держатель) платформы.
4. МИС участников, включая специфические системы для МО с собственной «врачебной школой» и собственными данными.
5. Ресурсы в виде приложений и сервисов.
6. Средства проведения общей политики в виде открытого API и специальных приложений (программы лояльности и пр.).
7. Другие экосистемы (медицинских ведомств или регионов, иные бизнес-экосистемы поставщиков товаров и услуг медицинского назначения).

В медицинской экосистеме роли держателя платформы и оператора¹ экосистемы могут быть разделены, так как в ней не может быть монополиста [9]. С точки зрения пациента управление здоровьем нельзя доверить ИТ-компаниям, но данные пациентов аккумулируются в хранилищах платформы. То есть оператор экосистемы не обязательно держатель платформы.

С определенными допущениями, вся система здравоохранения России может быть трансформирована в цифровую медицинскую экосистему – мета-экосистему. Основное свойство экосистемы – увеличение ее ценности без усилий компании-держателя платформы, когда вся экосистема работает на этот рост за счет:

- возможности самостоятельно создавать и распределять дополнительные цифровые сервисы;
- возможности объединения разных участников ради удовлетворения потребностей пациентов;
- средств проведения общей политики;
- средств поддержки сотрудничества в составе платформы.

¹ Оператор экосистемы – в бизнес-экосистемах компания ее создавшая и определяющая ее политику.

Основной эффект от создания медицинских экосистем заключается в том, что, во-первых, возможное ранее только для ВИП-пациентов сопровождение по системе медицинской помощи становится доступным на массовом рынке. Во-вторых, экосистема способствует развитию одной из ключевых технологических областей: больших данных, включая создание большого банка клинических данных экосистемы, развитие которого принципиально расширяет возможности использования систем машинного обучения для создания СППВР.

В сервис-ориентированной архитектуре (COA), как и в цифровой экосистеме, основные функциональные элементы распределены по самостоятельным программным сервисам, которые объединены с помощью внешних компонентов, обеспечивающих их взаимодействие в соответствии с производственными требованиями. Хотя существуют разночтения в точном определении COA, специалисты достаточно единодушны по вопросу отличительных свойств архитектуры. Эти свойства в самом общем виде включают:

- использование бизнес-ориентированных сервисов;
- доступность сервисов по сети;
- взаимодействие по принципу обмена сообщениями с использованием «черных ящиков»;
- работу на разных программных и аппаратных платформах;
- повторное использование сервисов;
- методы описания и обнаружения сервисов;
- свободную взаимосвязь компонентов системы.

В настоящее время сервисы COA обычно реализуются как веб-сервисы, в которых сервер и клиент взаимодействуют с помощью XML-сообщений, передаваемых через Интернет. Очевидно, что использование веб-сервисов требует стандартизации, в том числе и методов описания и обнаружения сервисов. Существует множество методов веб-интеграции. Самые популярные: SOAP, REST, JSON-RPC. Поэтому углубляться в технические подробности мы не будем. Главное – определить подходящий для конкретного проекта вариант веб-интеграции и правильно его реализовать. Проблемы интеграционного взаимодействия и один из подходов, используемый нашей организацией, описан в [26]. В экосистеме стандартизация веб-сервисов определяется политикой и средствами поддержки сотрудничества, предоставляемыми платформой экосистемы.

Использование COA в экосистеме для внедрения СППВР дает ряд важных преимуществ. Во-первых,





COA предлагает более простой подход к созданию и внедрению программного обеспечения (ПО). COA позволяет разбить сложную задачу на более мелкие задачи, легче решаемые с помощью отдельных сервисов, использующих единое хранилище данных, предоставляемое платформой экосистемы. Кроме того, поскольку сервисы для пользователей представляют собой «черные ящики», это позволяет не углубляться в сложные детали их функционирования.

Вторым важным преимуществом является рост многократного использования имеющихся ИТ-ресурсов, в том смысле, что при COA функции существующих программных систем могут использоваться повторно через независимые от платформы сервисные интерфейсы. Кроме того, такой сервис может использоваться повторно многими приложениями и другими сервисами, в соответствии с различными потребностями. Опять же с оговоркой, что здесь не обсуждаются современные методы и системы непрерывного развертывания, которые позволяют легко управлять и создавать сотни независимых сервисов.

Третье ключевое преимущество COA заключается в способности быстро и гибко адаптироваться к меняющимся потребностям бизнеса. В условиях COA, расположенные за интерфейсом сервиса ИТ-системы могут меняться по мере необходимости, новые производственные требования могут быстро реализовываться как с помощью имеющихся, так и новых сервисов.

Наконец, важное преимущество COA заключается в том, что за счет повторного использования имеющихся ИТ-ресурсов и сервисов эта архитектура позволяет значительно экономить средства на разработке нового ПО.

Предлагаемая модель развертывания СППВР в медицинской экосистеме на принципах COA

При оценке предлагаемой модели развертывания СППВР, вслед за другими исследователями, но применительно к методам ППВР в МИС, были проанализированы два возможных подхода, основанные на той роли, которую играют ресурсы знаний (алгоритмы решений, правила принятия решений, клинические руководства и т.п.) в системах СППВР [27]:

1. Ведение базы знаний или поддержание ресурсов знаний независимо от приложения СППВР. Такой подход называется «архитектурой интеграции знаний, скомпонованной вокруг ресурсов знаний»

(Knowledge Resource-Centric Knowledge Integration Architecture) [27].

2. Использование ресурсов знаний, главным образом, для выработки заключений/рекомендаций (индивидуальных по пациентам или общих по нозологии), при том, что другие аспекты внедрения СППВР оставлены на усмотрение разработчиков приложения. Такой подход называется «архитектурой интеграции знаний, скомпонованной вокруг приложения» (Application-Centric Knowledge Integration Architectures) [27].

Необходимо отметить, что когда ресурсы знаний поддерживаются независимо от СППВР, у владельцев базы знаний есть соблазн хранить в ней и ряд параметров, влияющих на создание и работу СППВР – например, на то, в какой момент клинического процесса подключаются ресурсы знаний, как вводятся данные о пациентах, как формируются индивидуальные рекомендации по ведению пациентов, и как и в каком виде они предоставляются пользователю. Правда в случае медицинской экосистемы эта проблема решается политикой экосистемы и правилами взаимодействия, определенными платформой экосистемы.

Поэтому мы предлагаем использовать другой подход, названный экосистемным, который позволяет избежать разночтений и заключается в следующем:

- ресурсы знаний поддерживаются независимо от СППВР;
- используется набор баз знаний, которые охватывают различные области знаний;
- ресурсы знаний используются только для выработки заключений/рекомендаций;
- все аспекты взаимодействия СППВР с базой знаний оставлены на усмотрение разработчиков приложений, включая те, которые определяют, в какой момент клинического процесса подключаются ресурсы знаний, как вводятся данные о пациентах, как формируются индивидуальные рекомендации по ведению пациентов, как и в каком виде они предоставляются пользователю и т.п.

Чтобы облегчить семантическую совместимость и повторное использование сервисов, функциональность и интерфейсы медицинских сервисов должны быть стандартизованы. То есть оператор экосистемы во взаимодействии с держателем платформы будут (должны) выполнять работу по стандартизации функций и интерфейсов медицинских сервисов:

- выявлять и определять приоритетных кандидатов в сервисы;



- обеспечивать, чтобы для каждого сервиса, предназначенного для стандартизации, были описаны функциональные требования, модель информационного наполнения и критерии функционального соответствия – то есть была бы представлена функциональная модель сервиса.

В числе таких сервисов будут и сервисы поддержки решений (СПР), которые используют базу знаний и данные о пациентах для автоматизированных логических выводов. С функциональной точки зрения, СПР в экосистеме можно рассматривать как «распорядителя» одной или нескольких баз медицинских знаний (БЗ), которые могут перерабатывать данные о пациенте и делать логические выводы о нем. Типичная база знаний для СПР также реализуется в виде сервиса и предназначена для оценки состояния пациента по определенной клинической проблеме. Проблема может быть узкой (например, необходимость проведения определенного теста у пациента с определенным диагнозом) или широкой (например, существование противопоказаний к применению лекарственных средств, назначаемых пациенту).

Каждая БЗ может быть описана с помощью расширяемого набора метаданных: признаков БЗ и вида выводимых результатов оценки. Признаки БЗ могут также использоваться для облегчения поиска подходящей БЗ в той или иной клинической ситуации. Кроме того, для различных типов БЗ могут быть описаны стандартизованные профили. Например, можно описать профиль для БЗ по лекарственной безопасности, включая метаданные, требования к сведениям о пациенте и семантику выводимых

результатов. При этом СПР может использовать любой метод обработки информации, если только он генерирует требуемый результат на основе БЗ с использованием определенных входных данных.

При запросе необходимой СПР МИС участника экосистемы указывает, какая БЗ должна использоваться для аналитической оценки, и передает требуемые для БЗ данные о пациенте. СПР возвращает результаты аналитической оценки в формате, предусмотренном для данной БЗ. В *таблице 2* приведены примеры типов входных и выходных данных, которые используются в СПР. Как видно из таблицы, СПР может выдавать не только рекомендации и заключения по конкретному клиническому случаю, но и справочные материалы на заданную тему, перечни направлений, формы документации и пр.

Чтобы конечному пользователю СПР не требовалось для аналитической оценки клинического случая выбирать соответствующую БЗ, собирать и вводить требуемые для нее сведения о пациенте, а также разбираться в форматах вывода данных и выдаваемых заключениях, в СПР должны быть предусмотрены специальные дополнительные операции.

Преобразование медицинских знаний в формат автоматизированных алгоритмов, приемлемых для СППВР, представляет собой один из самых сложных и дорогих этапов внедрения СППВР. Медицинская экосистема предлагает нативный способ организации централизованных хранилищ для сбора, обработки и распределения соответствующей информации. Эти хранилища могут поддерживаться вендорами, ведущими МО, профессиональными ассоциациями и государственными учреждениями. Значительной

Таблица 2

Примеры типов заключений, выдаваемых модулем знаний сервиса поддержки принятия решений

Входные данные	Выходные данные
Возраст, пол пациента, последние профилактические мероприятия	Перечень обязательных и желательных профилактических мероприятий
Возраст, пол пациента, сопутствующие заболевания, аллергии, последние вакцинации	Перечень вакцинаций, которые противопоказаны пациенту, перечень обязательных и желательных вакцинаций
Название лекарства, возраст, пол, вес пациента, уровень креатинина в крови	Рекомендуемые минимальные и максимальные дозы лекарства, в соответствии с почечной функцией
Страховая компания и данные о рецептурном лекарстве	Требования для выписки рецепта на лекарство
Тип пользователя (например, врач), текстовый запрос (например, анализ результатов лабораторных тестов), тема запроса (например, гиперкалиемия)	Справочные материалы по теме
Возраст, пол пациента, сопутствующие заболевания, основные жалобы	Комплект назначений при госпитализации в формате структурированного документа
Возраст, пол пациента, сопутствующие заболевания, основные жалобы и симптомы	Формы рекомендуемой документации в формате структурированного документа





экономии можно достичь, благодаря использованию СППВР для централизованного управления содержанием систем ППВР на региональном, ведомственном или даже национальном уровне (на уровне мета-экосистемы). Кроме того, поскольку в каждой СППВР будет иметься стандартный интерфейс, разработчики могут использовать содержание различных сервисов в режиме автоматической настройки.

При внедрении систем СППВР помимо сервисов принятия решений можно использовать и другие сервисы экосистемы, например:

- сервис поиска, локализации и обновления данных, который позволяет пользователям эффективно находить и обновлять данные о пациентах;
- сервис нормативно-справочной информации для формирования структурированных данных о пациенте;
- сервис тезауросов и онтологий для разметки и кодирования медицинских данных;
- и др.

Также для более эффективной организации работ можно разрабатывать сервисы, для которых еще не разработаны стандартные модели, например, сервисы, которые позволяют клиентам запускать различные команды в МИС, как то, переслать направление или рецепт, оформить протокол КЭР, послать лист на медико-социальную экспертную комиссию (МСЭК), подготовить выписку из медкарты, обеспечить сбор данных, вывести предупреждающее сообщение или напоминание и пр.

По нашему мнению, в первую очередь централизованно должны быть стандартизованы сервисы, важные для разработки систем СППВР, которые имеют универсальное значение для медицинских и других информационных систем или требуют существенных затрат на разработку, внедрение и сопровождение.

Обоснование ключевых архитектурных решений

Исходя из собственного опыта и анализа различных внедрений СППВР, мы считаем, что существуют убедительные доводы в пользу трех ключевых решений, касающихся предлагаемой архитектуры развития СППВР в медицинской экосистеме. Это:

- 1) принятие СОА в качестве основы внедрения СППВР;
- 2) использование экосистемной архитектуры интеграции знаний;
- 3) применение стека технологий медицинской экосистемы, которая определяет стандарты

обмена данными посредством платформы и средств проведения общей политики.

Использование СОА оправдано широким распространением этого подхода в разных отраслях хозяйствования [28]. Кроме того, СОА упрощает поддержание СППВР в актуальном состоянии, позволяя повторно использовать имеющиеся программные ресурсы и быстро адаптировать имеющиеся компоненты ПО для нужд новой СППВР. Одним из основных преимуществ СОА является то, что при использовании этой архитектуры в качестве основы для развертывания СППВР в медицинской экосистеме, сервисы СППВР с хорошо описанными интерфейсами могут устанавливаться и использоваться независимо друг от друга.

В отношении применения экосистемной архитектуры интеграции знаний, описанной выше, можно утверждать, что гибкость этого подхода также облегчает внедрение СППВР.

И, наконец, функционирующая медицинская система сама по себе предлагает инструменты и механизмы для решения проблемы интеграционного взаимодействия, а именно: сквозные (кросс-доменные) технологические сервисы, обеспечивающие бесшовное перемещение пользователя между сервисами и обмен опытом использования тех или иных продуктов и сервисов экосистемы. Под доменом здесь понимается совокупность продуктов и сервисов, формирующих и обеспечивающих функционирование МИС каждой конкретной МО или объединения МО. Среди таких глобальных технологических кросс-доменных сервисов можно назвать:

- единую систему идентификации;
- единый ID пациента;
- профиль здоровья пациента;
- открытый API;
- систему лояльности;
- систему биллинга;
- «супермаркет оперативных данных»² об изменениях в системе здоровьесбережения пациента.

В отношении последнего сервиса («супермаркет оперативных данных») дадим пояснение [29]. Каждый домен экосистемы (как совокупность информационных систем, продуктов и сервисов) должен уведомлять другие домены об изменениях в системе здоровьесбережения пациента. В случае прямой

² Оперативный склад данных ОСД (англ. ODS – Operational Data Store) – это предметно-ориентированный, интегрированный, изменяющийся набор данных, который содержит текущую (не историческую) детализированную информацию.



интеграции систем для получения данных «по запросу» или рассылки сообщений о событиях, есть риск существенного прироста нагрузки на экосистему и более сложное сопровождение. Поэтому необходима организация сервиса, который позволяет МИС получать важные для пациента данные онлайн – подход, называемый ориентацией на событийную модель интеграции (Event-Driven Architecture) [29, 30, 31, 32]. Построение архитектуры на основе событий хорошо подходит, в том числе, для создания СППВР, но ее применение влечет и свои дополнительные сложности [32]. Поэтому в контексте настоящей статьи событийная модель рассматривается только в качестве одного из возможных подходов к построению архитектуры взаимодействия в медицинской экосистеме.

В целом, медицинская экосистема, как и любая другая бизнес-экосистема, выполняет роль источника ресурсов и знаний для развития компаний-участников. Продукты и сервисы в этой бизнес-модели обогащают друг друга функциями и данными. При этом сами продукты экосистемы посредством перечисленных сервисов достигают главной цели – получают синергетический эффект от взаимного обогащения знаниями [29].

Также нужно отметить, что продукты экосистемы обычно связывают и множество других сервисов и подходов к взаимодействию, например: унификация систем информационной безопасности, консолидация данных, аналитика, обеспечение омниканальности (доступ к единому набору сервисов в разных интерфейсах), личные кабинеты (пациентов, врачей и агентов по продаже услуг) и другие, без которых экосистема не будет таковой.

Переход к экосистемам создаст новую, ориентированную на будущее основу для оказания медицинской помощи и проведения научных исследований, в первую очередь, за счет ведения банка клинических данных, содержащего нормализованные и очищенные данные всех МО экосистемы [9], так необходимого для обучения систем ИИ и преодоления других концептуальных проблем создания СППВР [8].

Описание архитектуры СППВР с точки зрения сервисов и управления ими

Одним из серьезных препятствий перед полноценным использованием опыта предшествующих внедрений СППВР является отсутствие общепринятого подхода к описанию архитектуры этих внедрений. Чтобы преодолеть это препятствие, в случае

функционирования медицинской экосистемы можно использовать схему описания архитектуры СППВР в терминах использованных сервисов и способов управления ими. Пример такого описания представлен ниже.

На рис. 1 представлен пример архитектуры СППВР для оценки состояния здоровья пациента в МИС – участника экосистемы на амбулаторном этапе. Здесь, согласно устройству медицинской экосистемы, описанному в [9] взаимодействуют оператор экосистемы (может быть и владельцем платформы), МИС медицинской организации, владелец (вендор) базы знаний и СППВР, реализованная в составе следующих сервисов:

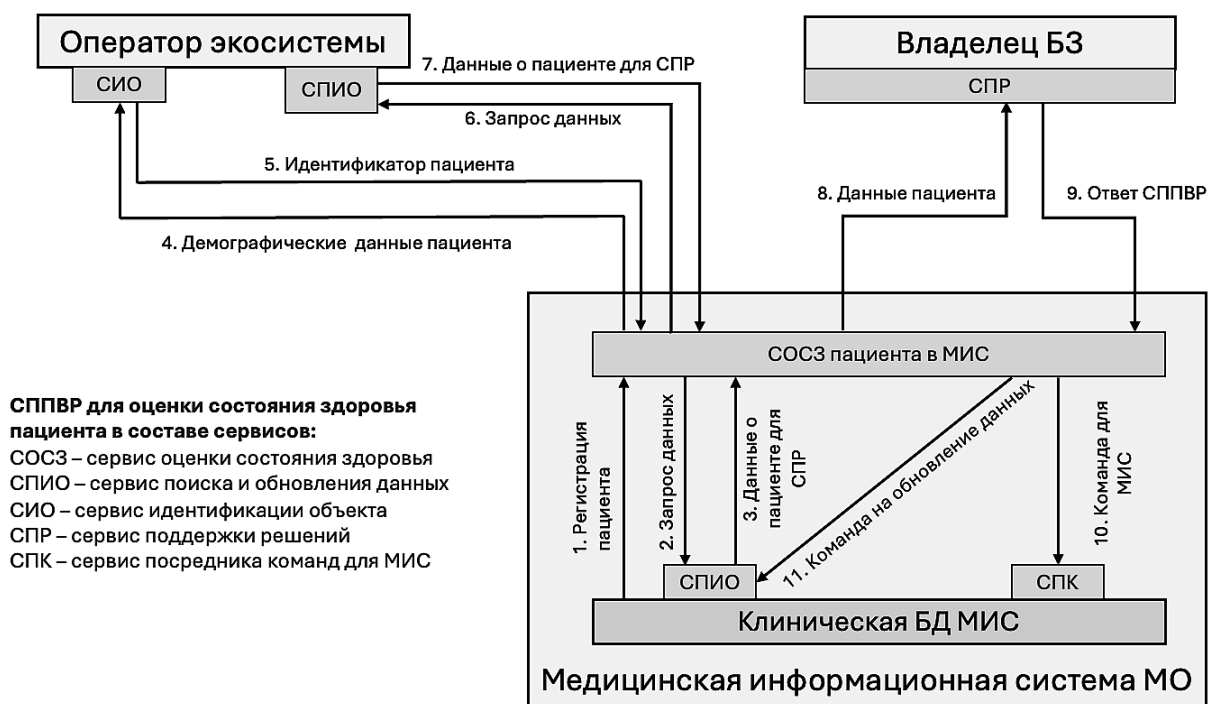
1. Сервисы самой СППВР:
 - сервис оценки состояния здоровья (СОСЗ);
 - сервис поддержки решений (СПР).
2. Инфраструктурные сервисы экосистемы:
 - сервис поиска и обновления данных (СПИО);
 - сервис идентификации объекта (СИО);
 - сервис посредника команд (действий) в МИС (СПК).

Оператор экосистемы в данном случае эксплуатирует центральные сервисы и компоненты экосистемы, необходимые для управления потоками пациентов в цифровой экосистеме медицинской помощи [9, 36]:

- центральный реестр пациентов;
- реестр поставщиков медицинских услуг;
- личный кабинет пациента;
- личный кабинет врача;
- Интернет-регистратура;
- интегрированный электронный медицинский архив (ИЭМК);
- биллинговая система для взаиморасчетов;
- система лояльности;
- центральная НСИ;
- системообразующая платформенная МИС;
- и пр.

Напомним, что в медицинской экосистеме роли держателя платформы и оператора экосистемы разделены, так как в ней не может быть монополиста. Политика экосистемы определяется совместно оператором и держателем платформы. ИТ-компания определяет технологическую политику, оператор – политику системного лечебно-диагностического процесса (поликлиника-стационар-реабилитация). Эта коллизия может быть разрешена в организационно-правовом поле при строительстве экосистемы, например, созданием отдельной управляющей компании [9, 36]. Для ведомственных систем это могут быть главные медицинские управления или медицинские дирекции.





СППВР для оценки состояния здоровья пациента в составе сервисов:
 СОСЗ – сервис оценки состояния здоровья
 СПАО – сервис поиска и обновления данных
 САО – сервис идентификации объекта
 СПР – сервис поддержки решений
 СПК – сервис посредника команд для МИС

Рис. 1. Пример схемы описания архитектуры СППВР для оценки состояния здоровья пациента в терминах использованных сервисов и способов управления ими

На региональном уровне в качестве управляющей компании может выступать оператор региональной МИС (РМИС), а на государственном – ЕГИСЗ.

В данном примере сервис оценки состояния здоровья (СОСЗ) пациента в МИС МО активизируется сообщением о том, что пациент явился на прием в поликлинику и зарегистрирован (стрелка 1). Затем этот сервис использует сервис СПАО для определения перечня данных, которые должна предоставить МИС для оценки состояния здоровья пациента с использованием СПР, поддерживаемого владельцем базы знаний (стрелки 2 и 3). Перечень необходимых данных определяется СППВР за счет использования операций СПР по перечислению данных, требуемых для базы знаний.

После этого СОСЗ направляет демографические данные о пациенте (например, ФИО, дату рождения, адрес) в сервис идентификации объекта (САО) оператора экосистемы. Это могут быть также региональная медицинская информационная система (РМИС) или информационная система управляющей компании [36]. При этом СППВР узнает, что пациент зарегистрирован в экосистеме и имеет уникальный идентификатор (стрелки 4 и 5). Далее СОСЗ пациента использует полученный идентификатор для отыскания требуемых данных о пациенте

с помощью сервиса СПАО оператора экосистемы (стрелки 6 и 7).

Следующим шагом СОСЗ пациента направляет найденные данные в СПР владельца базы знаний и получает заключение по ведению пациента, например, рекомендации по профилактическим мерам или предложения по изменению лекарственного режима для лучшего контроля хронического заболевания (стрелки 8 и 9). Исходя из полученных результатов, СОСЗ посылает сервису посредника команд (СПК) МИС МО команды на выполнение системой соответствующих действий (например, генерацию сигнального сообщения для врача, открывающего ЭМК пациента, или рекомендации по амбулаторному наблюдению после госпитализации в формате назначений МИС) (стрелка 10). Также СОСЗ посылает также запрос в сервис поиска и обновления данных (СПАО) МИС на обновление медицинской карты пациента новыми данными, полученными из экосистемы, и в соответствии с выполненными действиями (например, кому, когда и по какому поводу были посланы сигнальные сообщения) (стрелка 11).

Хотя это и не отображено на схеме, сервисы СПАО оператора экосистемы могут обращаться в «супермаркет оперативных данных» для получения последних данных об изменении режима



здоровье-сбережения пациента, а СППВР может использоваться на различных этапах данного процесса для терминологического обеспечения. Например, если запрашиваемые СПР данные представлены в виде, не соответствующем необходимому, или данные, полученные из экосистемы, не соответствуют данным в локальной МИС МО, то сервис СПИО может использовать сервис общей терминологии для семантического преобразования данных.

Выполнение поставленных задач развития искусственного интеллекта в России в части СППВР

Как говорилось выше, исходя из положений Стратегии, была сформулирована цель национального плана развития СППВР в медицине и обозначены три ключевых фактора, необходимые для реализации этой цели, из которых вытекают, по нашему мнению, шесть стратегических задач развития СППВР в России, перечисленных выше. В рамках предложенного подхода должно быть облегчено выполнение всех шести задач (таблица 3).

Во-первых, для представления клинических знаний и рекомендаций для СППВР в стандартизованном, понятном и удобном формате в нашей модели вслед за авторами работы [26] предложено использовать собственные стандарты медицинской экосистемы, что, конечно же, не предполагает разработку собственной интеграционной архитектуры с нуля, но подразумевает применение опыта использования известных протоколов, обеспечивающих полноту данных в настоящий момент, и работу с методологически зрелыми инструментами и технологиями интеграции.

Можно также описать и стандартизовать профили для различных типов знаний, а удобочитаемые форматы представления знаний можно сформулировать в виде признаков БЗ. Кроме того, так как стандарт сервиса СПР описывает требования только к интерфейсу для БЗ, то появляется возможность объединять различные БЗ, не меняя их способа представления знаний. Базы знаний в виде сервисов могут легко использоваться клиентами СПР, поскольку разработчикам не нужно вникать в то, как сервис выводит свои заключения. Клиент СПР просто вызывает сервис для получения заключений по пациенту и использует полученное по задуманному сценарию. Выходные данные БЗ применимы в качестве стандартизованных рекомендаций СППВР.

Относительно второй задачи – организации содержательного наполнения систем ППВР – в нашем предложении клинические знания собираются и распределяются в виде БЗ через сервисы принятия решений. Кроме того, рекомендации СППВР (скажем, наборы клинических назначений) могут собираться и распределяться в виде выходных форм БЗ. При этом можно легко идентифицировать нужные БЗ с помощью поисковых операций СПР.

Относительно третьей стратегической задачи – широкого распространения систем ППВР, можно утверждать, что наличие в экосистеме стандартов сервисов интеграционного взаимодействия, удовлетворяющих основным требованиям СППВР, облегчит внедрение и поддержание этих систем. К тому же, упрощение повторного использования ИТ-ресурсов, а также возможность менять ПО частями облегчает процесс его адаптации к новым требованиям в случае их появления, а также использование СОА снижает затраты на установку систем ППВР.

Решение четвертой задачи – усиления принятия клиницистами рекомендаций СППВР – в нашем предложении обеспечивается за счет повсеместного информирования врачей-участников экосистемы об опыте успешного внедрения СППВР и постоянного пополнения клинических знаний и совершенствования методов ППВР, которые легко описываются в терминах взаимосвязи сервисов при выполнении функций СППВР и легко адаптируются к различным клиническим задачам. То есть, в нашей модели распространения СППВР реализуются дополнительные возможности для представления клинических знаний и рекомендаций для СППВР в стандартизованном формате (машиночитаемом и текстовом) таким образом, чтобы разные разработчики могли использовать эти данные в понятном для пользователей (врачей и пациентов), доступном и практичном виде.

Это же касается и пятой задачи – анализа и обобщения национального опыта использования СППВР. Простое и единообразное описание архитектуры системы через управление сервисами облегчает понимание того, как были организованы предшествующие СППВР.

И, наконец, решение задачи развития баз знаний за счет использования данных ЭМК в нашей модели достигается за счет перехода к цифровой экосистеме медицинской помощи, благодаря стандартизованным сервисам экосистемы, в том числе: поиска, локализации и обновления данных





Решение стратегических задач национального плана развития систем СППВР посредством предложенной модели развития СППВР



Стратегическая задача	Пути достижения с помощью модели
Представление клинических знаний и рекомендаций для ППВР в стандартизованном формате (машиночитаемом и текстовом) таким образом, чтобы разные разработчики могли использовать эту информацию в понятном для пользователей, доступном и практичном виде.	Знания представлены в виде баз знаний (БЗ) для сервисов принятия решений (СПР). Различные типы знаний могут описываться профилями. Знания в удобочитаемой форме представлены в виде признаков БЗ. Различные БЗ можно объединять с использованием выбранной формализации представления. БЗ отличаются легкостью доступа, понимания и применения. Выходные данные БЗ могут быть рекомендациями СППВР.
Сбор, организация и распределение клинических знаний и рекомендаций для ППВР в одном или нескольких сервисах, в которых пользователи могли бы найти необходимые материалы и использовать их в своих информационных системах и поддерживаемых ими технологических процессах.	Сбор, организация и распределение знаний в виде БЗ. Сбор, организация и распределение рекомендаций СППВР в виде выходных данных БЗ. Нужные БЗ можно легко найти и использовать. Нужные рекомендации СППВР можно легко определить и использовать.
Устранение организационных, юридических и экономических препятствий, создание дополнительной поддержки и механизмов широкого распространения и использования СППВР, включая обеспечение условий для создания открытых библиотек ИИ, в том числе стимулирование (включая материальное) специалистов к участию в российских и международных проектах по их созданию.	Доступность стандартных сервисов, удовлетворяющих требованиям СППВР, облегчает их внедрение и поддержание. СОА в экосистеме позволяет снизить затраты на внедрение СППВР.
Усиление принятия врачами рекомендаций СППВР за счет создания благоприятных условий для специалистов, работающих с программным обеспечением, в котором используются технологии искусственного интеллекта, включая: <ul style="list-style-type: none"> организацию эффективного взаимодействия специалистов в области искусственного интеллекта с МО, по заказу которых создается программное обеспечение; введение упрощенного режима реализации пилотных проектов, необходимых для развития технологий искусственного интеллекта. 	Предлагаемая модель развертывания СППВР облегчает повсеместное информирование врачей-участников экосистемы об опыте успешного внедрения СППВР. В описываемой модели предлагаются дополнительные возможности для представления разработчиками клинических знаний и рекомендаций СППВР в практичном и доступном виде для врачей и пациентов. Лучшие примеры внедрения СППВР несложно описать в терминах управления сервисами. Предлагаемая модель развертывания СППВР упрощает и облегчает их внедрение. Предлагаемую модель развертывания СППВР можно адаптировать для различных технических и клинических условий.
Анализ национального опыта использования СППВР посредством систематического учета и обобщения примеров внедрения этих систем, накопление и распространение лучших практик использования СППВР, в том числе извлечение уроков из их использования для постоянного совершенствования методов ППВР.	Архитектуру СППВР несложно описать в терминах использования и управления сервисами. В описываемой модели предлагаются дополнительные возможности для представления разработчиками клинических знаний и рекомендаций СППВР в практичном и доступном виде для врачей и пациентов.
Расширение клинических знаний за счет полноценного использования данных, содержащихся в ЭМК, для совершенствования медицинской помощи.	Данные для клинических исследований можно получить из накопленных МИС участников экосистемы ЭМК с помощью стандартизованных сервисов поиска, локализации и обновления данных в хранилищах экосистемы, предоставляемых платформой экосистемы и входящих в состав СППВР. Посредством накопленных МИС участников экосистемы данных в ЭМК можно усовершенствовать систему подготовки клинических рекомендаций за счет описания развития системного лечебно-диагностического процесса во времени, разделения его на этапы и связывания с отдельными медицинскими технологическими процессами. За счет накопленных МИС участников экосистемы данных в ЭМК предоставляются дополнительные возможности для приведения представления клинических рекомендаций к виду, предназначенному для машинной обработки и автоматической интерпретации СППВР.



в хранилищах экосистемы. Как составная часть СППВР, эти сервисы позволят клиницистам получать в стандартизованном формате сведения о пациентах на индивидуальном и популяционном уровнях. Эти данные могут использоваться как для развития собственно медицинских знаний, так и для совершенствования методов СППВР и подходов к их внедрению и распространению.

Благодаря медицинской экосистеме должны совершенствоваться и подходы к разработке клинических рекомендаций. В первую очередь, за счет описания развития системного лечебно-диагностического процесса во времени, разделения его на этапы и связывания с отдельными медицинскими технологическими процессами [8]. Во-вторых, за счет дополнительных возможностей для приведения представления клинических рекомендаций к виду, предназначенному для машинной обработки и автоматической интерпретации СППВР.

Обсуждение возможностей предложенной модели внедрения СППВР в России

Несмотря на потенциал, предлагаемой модели предстоит преодолеть немало препятствий на пути распространения СППВР, тем более на национальном уровне. Если некоторые стандартизованные сервисы (поиска, локализации и обновления данных, телемедицины, обеспечения омниканальности, личные кабинеты и др.) должны быть доступны для медицинского сообщества в качестве надежных, зрелых и простых в использовании сервисов за счет свойств самой экосистемы, то, при доступности инфраструктуры сервиса, критическим условием успеха становится наличие полноценного содержания СППВР.

Наполнение сервисов принятия решений верифицированными, научно обоснованными и очищенными данными³, вероятно, является одной из самых сложных задач, упирающихся в проблему соотношения причины и следствия, а также нехватки качественных структурированных и очищенных исходных данных. В то же время, переход к экосистемам и формирование банков клинических данных экосистемы предоставит дополнительные возможности для дифференциации естественного течения болезни и эффекта клинического вмешательства.

³ Речь идет о тех данных, которые определяют, например, в результате чего произошло улучшение или ухудшение состояния здоровья, что привело к выживанию, а что к осложнениям.

Следует также понимать, что организационная работа по добросовестной реализации долговременных клинических сервисов может быть крайне сложной. Например, в случае, когда организация, поддерживающая региональный или национальный сервис СППВР, обнаружит, что рекомендации в течение последнего периода времени были неправильными из-за проблем в ПО (или базе знаний), должны существовать специальные механизмы и процедуры по минимизации последствий при соблюдении всех требований информационной безопасности. Например, чтобы владелец сервиса мог проинформировать об этом всех врачей, которые полагались на рекомендации сервиса при оказании медицинской помощи пациентам, и механизмы, чтобы определить, каким пациентам были сделаны неверные назначения, которые нужно исправить.

Другие проблемы на пути национального распространения СППВР – это сопротивление врачей вследствие недоверия к системам ИИ, а также непроработанные этические и правовые вопросы применения ИИ в медицине. Недаром некоторые исследователи считают, что наиболее перспективной ИИ-технологией сегодня является генеративный⁴ ИИ, который может помочь в оптимизации административной работы, цифровой трансформации процессов и улучшении понимания применения ИИ [33].

Высокие первоначальные затраты и отсутствие понятной схемы возврата вложений в ИИ-технологии, также является проблемой распространения этих технологий. Многие коммерческие компании хотели бы иметь уверенность в наличии широкого круга пользователей для сервисов принятия решений, прежде чем вкладывать серьезные средства в создание баз знаний, совместимых с этими сервисами. С другой стороны, пользователи сервисов принятия решений хотели бы видеть их максимальное содержательное наполнение, прежде чем переходить на их активное использование.

Переход к экосистемам и в этом случае предоставит дополнительные возможности разработчикам: экосистема – отличная стратегия выхода на рынок для небольших компаний. Если продукт или сервис создаются в виде приложения для платформы экосистемы, разработчик может сосредоточиться на создании своего продукта, а затем вывести

⁴ Генеративный искусственный интеллект – это тип системы ИИ, способной генерировать текст, изображения или другие медиаданные в ответ на подсказки. Самые известные системы генеративного ИИ – это чат-боты: ChatGPT, YandexGPT и Bard.





его на рынок через электронный магазин платформы, в том числе в популярном формате leanstart-up (быстрое тестирование идей готового продукта на реальном потребителе при постоянной корректировке бизнес-модели) [9]. Необходимо заранее проработать юридические и этические вопросы, связанные с коммерческим использованием СППВР на принципах СОА в рамках медицинской экосистемы на уровне объединения МО, в региональных или в национальных масштабах.

В этой ситуации ключевую роль также могут сыграть государственные учреждения (Минздрав РФ и ЕГИСЗ) или даже НМИЦ Минздрава и крупные ведущие ведомственные МО в содружестве с другими государственными учреждениями, взяв на себя разработку основных содержательных сервисов СППВР.

Правильнее было бы сказать, что развитие СППВР в медицинской экосистеме на принципах СОА – это стратегическая и долговременная, а не тактическая краткосрочная задача. Как и во всех подходах к построению сложных и больших программных систем и комплексов, разработчики должны приложить значительные усилия к построению инфраструктуры, в первую очередь, платформы экосистемы. Это требует дополнительного времени, ресурсов и мастерства программирования, прежде чем можно надеяться на отдачу в виде экономии средств и повышения адаптируемости.

При создании цифровой экосистемы медицинской помощи в рамках объединения МО, региона или ведомства должны использоваться различные подходы к созданию больших программных систем. Обоснования и схемы внедрения СОА должны быть такими же, как и в других сферах применения ИТ, а именно:

- аргументы в пользу СОА должны исходить из производственных интересов;
- начальное внедрение СОА должно быть ориентировано на внутреннее использование в рамках одного лечебно-профилактического объединения или даже одной МО, чтобы меньше беспокоиться о незрелых и недостаточных стандартах взаимодействия и сконцентрироваться на решении специфических проблем;
- СОА не должна расцениваться как универсальный подход, в частности, если «коэффициент полезного действия» повторно используемого ПО сравнительно низкий, то

«одноразовое» решение, без СОА, может оказаться более простым и быстрым.

Наконец, альтернативные варианты моделей национального развития СППВР также должны пройти широкое обсуждение и апробацию. Признавая необходимость такой проверки, мы предлагаем нашим коллегам из ИТ-компаний и МО оценить на практике предложенный подход.

Заключение

История медицинской информатики полна примерами несостоявшихся предсказаний быстрого прогресса новых технологий. Однако, на наш взгляд, в настоящее время СППВР в составе медицинских экосистем, вполне могут реорганизовать систему оказания медицинской помощи в России, прежде всего, за счет роста числа партнерств и коллабораций среди участников экосистемы, а также за счет увеличения объема накапливаемых медицинских данных, так необходимых для систем машинного обучения ИИ.

В настоящее время наблюдается ряд факторов, способных вывести эти системы из стен небольших образцовых организаций на широкий простор. Эти факторы включают возникновение согласованного и разделяемого развитыми странами концептуального представления о будущем мирового цифрового здравоохранения – медицинской экосистемы [26], стремление федерального правительства финансировать крупные проекты, направленные на повышение качества и эффективности медицинской помощи через информационные технологии и повсеместное распространение эффективных систем ИИ [1, 2], значительные изменения, связанные с формированием современной развитой цифровой среды в России [34], наличие отечественных базовых интеграционных платформенных решений для медицины (Нетрика, Ростелеком) [26].

Таким образом, на наш взгляд, при создании нужной инфраструктуры и наличии стимулирующих факторов со стороны государства (ликвидация дефицита специалистов в области ИТ и создания ИИ, разработка дополнительных программ поддержки этих специалистов, разработка основных содержательных сервисов СПР за счет государства), в ближайшие 10 лет системы СППВР смогут занять куда более заметное место в отечественном здравоохранении. Уже сегодня, согласно данным фонда «Сколково», объем российского рынка ИИ-решений в медицине составляет 12 млрд. рублей,



и реализуется порядка 75 проектов с ежегодным ростом выручки стартапов более 35% [35]. И этот рынок в России будет только расширяться.

Исходя из этой перспективы, мы считаем, что переход к экосистемам и разработка принципов

построения собственной интеграционной архитектуры для участников отечественной экосистемы медицинской помощи, в том числе на принципах СОА, сыграют ведущую роль в этом процессе.



СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201910110003> (Доступ: 08.08.2024 г.).
2. Указ Президента Российской Федерации о внесении изменений в Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» и в Национальную стратегию, утвержденную этим Указом [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/images/6/65/0001202402150063.pdf> (Доступ: 08.08.2024 г.).
3. Kawamoto K., Houlihan C.A., Balas E.A., Lobach D.F. Improving clinical practice using clinical decision support systems: a systematic review of trials to identify features critical to success. *BMJ*. 2005; 330: 765–8.
4. Garg A.X., Adhikari N.K., McDonald H., Rosas-Arellano M.P., Devreux P.J., Beyene J. et al. Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: a systematic review. *JAMA*. 2005;293:1223–38.
5. Osheroff J.A., Pifer E.A., Teich J.M., Sittig D.F., Jenders R.A. Improving outcomes with clinical decision support: an implementer's guide. Chicago, IL: Health Information Management and Systems Society; 2005.
6. Михеев А.Е. Возможности, проблемы и перспективы информационных технологий в сфере клинической безопасности. // Менеджер здравоохранения. 2023; S:5–20. DOI 10.21045/1811-0185-2023-S-5-20.
7. Бельшев Д.В., Гулиев Я.И., Михеев А.Е. Цифровая экосистема медицинской помощи. // Врач и информационные технологии, № 5, 2018, с. 4–17.
8. Малых В.Л. Системы поддержки принятия решений в медицине. // Программные системы: теория и приложения, № 2(41), 2019, с. 155–184.
9. Михеев А.Е. МИС как бизнес-платформа цифровой экосистемы медицинской помощи. // Менеджер здравоохранения. 2022; S: 5–22. DOI: 10.21045/1811-0185-2022-S-5-22.
10. Система поддержки принятия врачебных решений [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_поддержки_принятия_врачебных_решений (Доступ: 08.08.2024 г.).
11. Гусев А. Обзор Российских систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР) [Электронный ресурс]. URL: <https://webiomed.ru/blog/obzor-rossiiskikh-sistem-podderzki-priniatia-vrachebnykh-reshenii/> (Доступ: 08.08.2024 г.).
12. Гусев А.В., Зарубина Т.В. Поддержка принятия врачебных решений в медицинских информационных системах медицинской организации // Врач и информационные технологии, № 2, 2017, с. 60–71.
13. Osheroff J.A., Teich J.M., Middleton B., Steen E.B., Wright A., Detmer D.E. A roadmap for national action on clinical decision support. *J Am Med Inform Assoc*. 2007; 14: 141–5. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2213467/> (Доступ: 08.08.2024 г.).
14. Kohn L.T., Corrigan J.M., Donaldson M.S. eds. To err is human: building a safer health system. Washington, DC: National Academy Press; 1999.
15. Фактчекинг: ухудшилось ли качество медицинской помощи сердечникам в 2022 году? [Electronic resource]. URL: <https://www.hse.ru/expertise/news/834175267.html> (Доступ: 08.08.2024 г.).
16. Кризис Российского здравоохранения: «Экссес исполнителя» или запрограммированный результат? [Electronic resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/krizis-rossiyskogo-zdravooxraneniya-ekstsess-ispolnitelya-ili-zaprogrammirovannyi-rezultat/viewer/> (Доступ: 08.08.2024 г.).
17. Современные тенденции в системе здравоохранения Российской Федерации // м.: Издание Государственной Думы, 2019., – 80 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://duma.gov.ru/media/files/ofTeY7Kh7jQrYiz92JbKмВумxb6971xF.pdf> (Доступ: 28.10.2022 г.).
18. Старение [Электронный ресурс]. URL: <https://www.un.org/ru/global-issues/ageing> (Доступ: 28.10.2022).
19. Улумбекова Г.Э., Альвианская Н.В. Финансирование системы здравоохранения РФ: динамика, прогнозы, сравнение с развитыми странами // ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучение. Вестник ВШОУЗ. Том 7, № 3, 2021, с. 36–47.
20. Страховщик сообщил о подорожании медицинских услуг в России в пределах 30% за полгода [Электронный ресурс]. URL: <https://www.interfax.ru/business/869645> (Доступ: 28.10.2022 г)
21. Haux R. et al. Health care in the information society. A prognosis for the year 2013 //Int. J. Med. Informatics. – 2002. – Vol. 66, № 1. – P. 3–21.
22. McGlynn E.A., Asch S.M., Adams J., Keesey J., Hicks J., DeCristofaro A. et al. The quality of health care delivered to adults in the United States. *N Engl J Med*. 2003; 348: 2635–45.





23. Kawamoto K., Houlihan C.A., Balas E.A., Lobach D.F. Improving clinical practice using clinical decision support systems: a systematic review of trials to identify features critical to success. *BMJ*. 2005; 330: 765–8. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bmj.com/content/330/7494/765> (Доступ: 08.08.2024 г.).
24. Реброва О.Ю. Эффективность систем поддержки принятия врачебных решений: способы и результаты оценки // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2019. – Т. 15. – No4. – С. 148–155. doi: <https://doi.org/10.14341/ket12377>
25. Реброва О.Ю. Жизненный цикл систем поддержки принятия врачебных решений как медицинских технологий // Менеджер здравоохранения. 2020; S:27–37. DOI: 10.37690/1811-0193-2020-1-27-37
26. Малых В.Л., Калинин А.Н., Рудецкий С.В. Архитектура взаимодействия в медицинской экосистеме // Программные системы: теория и приложения. 2024. Т. 15. No 2(61). С. 475–492. https://psta.psiras.ru/read/psta2024_2_475-492.pdf
27. Kawamoto K. Integration of knowledge resources into applications to enable clinical decision support: architectural considerations. In: Greenes RA, ed. *Clinical decision support: the road ahead*. Elsevier, Inc.; 2006.
28. Сервис-ориентированная архитектура. Цифровая копия бизнеса. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kt-team.ru/blog/service-oriented-architecture> (Доступ: 08.08.2024 г.).
29. Архитектура экосистем [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/nspk/articles/532462/> (Доступ: 14.08.2024 г.).
30. Введение в Event Modeling [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/682424/> (Доступ: 14.08.2024 г.).
31. Пантелеев Е.Р., Игнатьев Е.Б., Архипов А.Л. Объектно-событийная модель интеграции данных в информационных системах муниципального управления [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obektno-sobyitnaya-model-integratsii-dannyh-v-informatsionnyh-sistemah-munitsipalnogo-upravleniya> (Доступ: 14.08.2024 г.).
32. Малых В.Л., Рудецкий С.В. Архитектура на основе потоков событий. // Открытые системы. СУБД. 2022. № 3; с. 21–23. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.osp.ru/os/2022/03/13056297> (Доступ: 14.08.2024 г.).
33. Рейтинг российских стартапов искусственного интеллекта в 2024 году [Электронный ресурс]. URL: <https://evercare.ru/news/rejting-startapov-iskusstvennogo-intellekta-v-2024-godu> (Доступ: 15.08.2024 г.).
34. Экономика данных и цифровая трансформация государства (национальный проект) [Электронный ресурс]. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Экономика_данных_и_цифровая_трансформация_государства_%28национальный_проект%29 (Доступ: 08.08.2024 г.).
35. В Сколково оценили объем российского рынка ИИ-решений в медицине в 12 млрд. рублей [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/ekonomika/20873095> (Доступ: 08.08.2024 г.).
36. Бельшев Д.В. и др. Реализация «виртуальной больницы» в виде ИТ-экосистемы. // Врач и информационные технологии. – 2018. – № 5. – С. 18–33.

ORIGINAL PAPER

AN APPROACH TO THE IMPLEMENTATION OF MEDICAL DECISION SUPPORT SYSTEMS BASED ON THE PRINCIPLES OF A SERVICE-ORIENTED ARCHITECTURE USING DIGITAL MEDICAL ECOSYSTEM SERVICES

A.E. Mikheev ✉

Ailamazyan Program Systems Institute of RAS, Pereslavl-Zalesky, Russia.
<https://orcid.org/0000-0002-4777-2732>.

✉ Corresponding author: Mikheev A.E.

ABSTRACT

Despite the potential effectiveness demonstrated in individual medical organizations, medical decision support systems (DSSMS) have not been widely used in Russia. Based on the provisions of the National Strategy for the Development of Artificial Intelligence for the period up to 2030, approved by the Decree of the President of the Russian Federation, the article formulates the goal of the national plan for the development of artificial intelligence in medicine, identifies the key factors necessary to achieve this goal, as well as tasks that need to be solved to ensure the creation and widespread implementation of effective artificial intelligence. It is proposed to use the principles of service-oriented architecture (SOA) for the implementation of DSS in the digital medical ecosystem, which should contribute to achieving the stated goal. The article describes the key features and benefits of using SOA in the medical ecosystem. A model for the deployment of SPD in the medical ecosystem based on the principles of SOA with justification of key architectural solutions is described. As an example, the architecture of the DSS is described for assessing the patient's health status at the outpatient stage from the point of view of services and their management. The possibilities and disadvantages of the proposed model for the implementation of the DSS are discussed.

Keywords: digital ecosystem of medical care, medical information system, MIS, service-oriented architecture, SOA, electronic medical record, EHR, medical decision support system, CDSS.

For citation: Mikheev A.E. An approach to the implementation of medical decision support systems based on the principles of a service-oriented architecture using digital medical ecosystem services. *Manager Zdravoohranenia*. 2024; S:101–118. DOI: 10.21045/1811-0185-2024-S-101-118



REFERENCES

1. Decree of the President of the Russian Federation No. 490 dated 10.10.2019 "On the development of artificial intelligence in the Russian Federation" [Electronic resource]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201910110003> (Accessed: 08.08.2024).
2. Decree of the President of the Russian Federation on Amendments to Decree of the President of the Russian Federation No. 490. dated 10.10.2019 "On the Development of Artificial Intelligence in the Russian Federation" and to the National Strategy approved by this Decree [Electronic resource]. URL: <https://www.tadviser.ru/images/6/65/0001202402150063.pdf> (Accessed: 08.08.2024).
3. Kawamoto K., Houlihan C.A., Balas E.A., Lobach D.F. Improving clinical practice using clinical decision support systems: a systematic review of trials to identify features critical to success. *BMJ*. 2005; 330: 765–8.
4. Garg A.X., Adhikari N.K., McDonald H., Rosas-Arellano M.P., Devereaux P.J., Beyene J. et al. Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: a systematic review. *JAMA*. 2005; 293:1223–38.
5. Osheroff J.A., Pifer E.A., Teich J.M., Sittig D.F., Jenders R.A. Improving outcomes with clinical decision support: an implementer's guide. Chicago, IL: Health Information Management and Systems Society; 2005.
6. Mikheev A.E. Opportunities, problems and prospects of information technologies in the field of clinical safety. // *Health Care Manager*. 2023; S:5–20. DOI 10.21045/1811-0185-2023-S-5-20.
7. Belyshev D.V., Guliyev Ya.I., Mikheev A.E. Digital ecosystem of medical care. // *Doctor and Information Technologies*, No. 5, 2018, p. 4–17.
8. Malykh V.L. Decision support systems in medicine. // *Software systems: Theory and Applications*, No.2(41), 2019, p. 155–184.
9. Mikheev A.E. MIS as a business platform of the digital ecosystem of medical care. // *Health Care Manager*. 2022; S: 5–22. DOI: 10.21045/1811-0185-2022-S-5-22.
10. Medical decision support system [Electronic resource]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Medical_Decision_Support_System (Accessed: 08/08/2024).
11. Gusev A. Review of Russian Medical Decision support systems (RSSPS) [Electronic resource]. URL: <https://webiomed.ru/blog/obzor-rossiiskikh-sistem-podderzhki-priniatiia-vrachebnykh-reshenii/> (Accessed: 08.08.2024).
12. Gusev A.V., Zarubina T.V. Support for medical decision-making in medical information systems of a medical organization // *Doctor and Information Technology*, No. 2, 2017, p. 60–71.
13. Osheroff J.A., Teich J.M., Middleton B., Steen E.B., Wright A., Detmer D.E. A roadmap for national action on clinical decision support. *J Am Med Inform Assoc*. 2007; 14: 141–5. [Electronic resource]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2213467/> (Accessed: 08.08.2024).
14. Kohn L.T., Corrigan J.M., Donaldson M.S. eds. To err is human: building a safer health system. Washington, DC: National Academy Press; 1999.
15. Fact-checking: Has the quality of medical care for heart patients deteriorated in 2022? [Electronic resource]. URL: <https://www.hse.ru/expertise/news/834175267.html> (Accessed: 08.08.2024).
16. The crisis of Russian healthcare: "The excess of the performer" or a programmed result? [Electronic resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/krizis-rossiyskogo-zdravoohraneniya-ekstsess-ispolnitelya-ili-zaprogrammirovannyi-rezultat/viewer/> (Accessed: 08.08.2024).
17. Modern trends in the healthcare system of the Russian Federation // Moscow: Edition of the State Duma, 2019., – 80 p. [Electronic resource]. URL: <http://duma.gov.ru/media/files/oiTeY7Kh7jQrYiz92JbKmBymb6971xF.pdf> (Accessed: 10/28/2022).
18. Aging [Electronic resource]. URL: <https://www.un.org/ru/global-issues/ageing> (Accessed: 10/28/2022)
19. Ulumbekova G.E., Alvianskaya N.V. Financing of the healthcare system of the Russian Federation: dynamics, forecasts, comparison with developed countries // ORGZDRAV: news, opinions, training. *Bulletin of the School of Economics*. Volume 7, No. 3, 2021, p. 36–47.
20. The insurer reported an increase in the price of medical services in Russia within 30% in six months [Electronic resource]. URL: <https://www.interfax.ru/business/869645> (Accessed: 10/28/2022).
21. Haux R. et al. Health care in the information society. A prognosis for the year 2013 // *Int. J. Med. Informatics*. – 2002. – Vol. 66, № 1. – P. 3–21.
22. McGlynn E.A., Asch S.M., Adams J., Keeseey J., Hicks J., DeCristofaro A. et al. The quality of health care delivered to adults in the United States. *N Engl J Med*. 2003; 348: 2635–45.
23. Kawamoto K., Houlihan C.A., Balas E.A., Lobach D.F. Improving clinical practice using clinical decision support systems: a systematic review of trials to identify features critical to success. *BMJ*. 2005; 330: 765–8. [Electronic resource]. URL: <https://www.bmj.com/content/330/7494/765> (Accessed: 08.08.2024).
24. Rebrova O.Y. Effectiveness of medical decision support systems: methods and results of evaluation // *Clinical and experimental thyroidology*. – 2019. – Vol. 15. – No 4. – P. 148–155. doi: <https://doi.org/10.14341/ket12377>
25. Rebrova O.Y. The life cycle of medical decision support systems as medical technologies // *Health care manager*. 2020; S:27–37. DOI: 10.37690/1811-0193-2020-1-27-37





26. Malykh V. L., Kalinin A.N., Rudetsky S.V. Architecture of interaction in the medical ecosystem // Software systems: theory and applications. 2024. Vol. 15. No. 2(61). pp. 475–492. https://psta.psriras.ru/read/psta2024_2_475–492.pdf
27. Kawamoto K. Integration of knowledge resources into applications to enable clinical decision support: architectural considerations. In: Greenes RA, ed. Clinical decision support: the road ahead. Elsevier, Inc.; 2006.
28. Service-oriented architecture. A digital copy of the business. [Electronic resource]. URL: <https://www.kt-team.ru/blog/service-oriented-architecture> (Accessed: 08.08.2024).
29. Architecture of ecosystems [Electronic resource]. URL: <https://habr.com/ru/companies/nspk/articles/532462/> (Accessed: 08/14/2024).
30. Introduction to Event Modeling [Electronic resource]. URL: <https://habr.com/ru/articles/682424/> (Accessed: 08/14/2024).
31. Panteleev E.R., Ignatiev E.B., Arkhipov A.L. Object-event model of data integration in information systems of municipal management [Electronic resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obektno-sobytiynaya-model-integratsii-dannyh-v-informatsionnyh-sistemah-munitsipalnogo-upravleniya> (Accessed: 08/14/2024).
32. Malykh V.L., Rudetsky S.V. Architecture based on event flows. // Open systems. DBMS. 2022. No. 3; pp. 21–23. [Electronic resource]. URL: <https://www.osp.ru/os/2022/03/13056297> (Accessed: 08/14/2024).
33. Rating of Russian artificial intelligence startups in 2024 [Electronic resource]. URL: <https://evercare.ru/news/rejting-startapov-iskusstvennogo-intellekta-v-2024-godu> (Accessed: 08/15/2024).
34. Data economy and digital transformation of the state (national project) [Electronic resource]. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья: Economic_danny_and_Digital_transformation_state_%28national_project%29 (Accessed: 08.08.2024).
35. Skolkovo estimated the volume of the Russian market for AI solutions in medicine at 12 billion rubles [Electronic resource]. URL: <https://tass.ru/ekonomika/20873095> (Accessed: 08.08.2024).
36. Belyshev D.V. et al. The implementation of a “virtual hospital” in the form of an IT ecosystem. // Doctor and information technologies. – 2018. – No. 5. – pp. 18–33.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS

Михеев Александр Евгеньевич – старший научный сотрудник, Исследовательский центр медицинской информатики «Института программных систем им. А.К. Айламазяна» Российской академии наук, г. Переславль-Залесский, Россия.

Aleksandr E. Mikheev – Senior Research Scientist of the Medical Informatics Research Center, Ailamazyan Program Systems Institute of RAS, Pereslavl-Zalessky, Russia.

E-mail: miheev@interin.ru

Здравоохранение-2024



РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ РАЗРАБОТАЛИ НЕЙРОСЕТЬ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЛИМФОВАСКУЛЯРНОЙ ИНВАЗИИ

Российские ученые разработали нейросеть для выявления лимфоваскулярной инвазии (LVI) в образцах ткани легких при аденокарциноме. Это позволит более точно и быстро определять риски развития метастазов и при необходимости менять схему терапии пациента. Работа велась специалистами Сеченовского университета и НовГУ им. Ярослава Мудрого. Результаты исследования опубликованы в Journal of Pathology Informatics.

Ядром системы стала нейросеть, для обучения которой ученые использовали 162 гистоскана, содержащих 8212 размеченных врачами-патологоанатомами сосудов. Искусственный интеллект оказался способен идентифицировать кровеносные сосуды и инвазию опухоли в них с точностью выше 95%. В рамках эксперимента использование системы позволило сократить время анализа в среднем на 17%, а в особо сложных случаях – на 20%. Нейросеть может использоваться не только в клинической практике, но и в научных исследованиях. Более простая и быстрая обработка гистосканов даст возможность лучше изучить особенности лимфоваскулярной инвазии и выявить новые аспекты ее влияния на развитие метастазов и биологию опухоли.

В планах разработчиков усовершенствование нейросети – повышение точности и эффективности, обучение ее работе с сосудами других органов, сопоставление лимфоваскулярной инвазии с иными прогностическими факторами, например, с индексом пролиферации опухолевых клеток, а также создание мультимодальной прогностической моде

Источник: пресс-служба Первого МГМУ им. И.М. Сеченова.