

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ ЧЛЕНОВ РАН
“РОЛЬ НАУКИ В ПРЕОДОЛЕНИИ ПАНДЕМИЙ
И ПОСТКРИЗИСНОМ РАЗВИТИИ ОБЩЕСТВА”

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ
ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ COVID-19

© 2022 г. В. В. Грибова^{a,*}, Ю. Н. Кульчин^{a,**}, М. В. Петряева^{a,***},
Д. Б. Окунь^{a,****}, Р. И. Ковалёв^{a,b,*****}, Е. А. Шалфеева^{a,*****}

^a Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток, Россия

^b Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

*E-mail: gribova@iacp.dvo.ru

**E-mail: kulchin@iacp.dvo.ru

***E-mail: margaret@iacp.dvo.ru

****E-mail: okdm@iacp.dvo.ru

*****E-mail: koval-995@mail.ru

*****E-mail: shalf@iacp.dvo.ru

Поступила в редакцию 07.02.2022 г.

После доработки 11.02.2022 г.

Принята к публикации 09.04.2022 г.

В статье рассматриваются проблемы разработки электронных сервисов помощи врачам в диагностике и лечении COVID-19. Анализируются существующие системы такого назначения, формулируются требования к ним. Авторами предложена архитектура интеллектуальной медицинской системы поддержки принятия решений, описаны основные принципы её разработки с использованием онтолого-ориентированного подхода. Показаны уникальные возможности системы, описаны информационные и программные компоненты, входящие в её состав.

Ключевые слова: онтология, база знаний, система поддержки принятия врачебных решений, облачные технологии, медицинская информатика.

DOI: 10.31857/S0869587322080047

Проблема ранней дифференциальной диагностики и назначения персонализированного лечения COVID-19 не потеряла своей актуальности

ГРИБОВА Валерия Викторовна – член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе, научный руководитель лаборатории интеллектуальных систем ИАПУ ДВО РАН. КУЛЬЧИН Юрий Николаевич – академик РАН, научный руководитель ИАПУ ДВО РАН, заместитель председателя ДВО РАН. ПЕТРЯЕВА Маргарита Вячеславовна – кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории интеллектуальных систем ИАПУ ДВО РАН. ОКУНЬ Дмитрий Борисович – кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории интеллектуальных систем ИАПУ ДВО РАН. КОВАЛЁВ Роман Игоревич – аспирант ДФУ, научный сотрудник лаборатории интеллектуальных систем ИАПУ ДВО РАН. ШАЛФЕЕВА Елена Арефьевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных систем ИАПУ ДВО РАН.

и спустя два года после начала пандемии, более того, она приобретает всё большую значимость [1]. По сравнению со многими другими группами заболеваний, которые изучаются на протяжении длительного времени, имеют большую доказательную базу, методы лечения COVID-19 проходят стадию формирования [2]. Появляются новые штаммы, знания о которых пока недостаточны, схемы лечения часто изменяются в силу их несовершенства (с марта 2020 г. по декабрь 2021 г. в России выпущено 13 версий клинических рекомендаций).

Новые штаммы SARS-Cov-2 обнаруживаются в популяции неожиданно, непредсказуемо, их детальное изучение требует времени, а оно в дефиците, потому что появление каждого нового варианта вируса сопряжено с необходимостью принятия срочных мер диагностики и лечения. Следует отметить, что дифференциальная диагностика

вирусных заболеваний достаточно сложна, сопровождается большим числом врачебных ошибок (согласно статистике, до 30%), поскольку многие такие патологии имеют сходную симптоматику. В случае COVID-19 ситуация усугубляется тем, что из-за масштабов эпидемии в процесс диагностики и лечения вынужденно вовлекаются врачи разных профилей, в том числе и не обладающие специальными знаниями в области вирусных инфекций, к тому же принимающие решения на основе неполной информации. Помочь в диагностике и лечении такого класса заболеваний, существенно снизить процент ошибок врача [3, 4] способны, как отмечается во многих литературных источниках, интеллектуальные системы поддержки принятия врачебных решений. Описанию основных принципов, архитектуры, информационных и программных компонентов системы, направленной на дифференциальную диагностику и лечение COVID-19, посвящена настоящая статья.

Ограничения технологий разработки систем поддержки врачебных решений. Появление COVID-19 привело к созданию разработчиками новых и обновлению существовавших в этой области программных продуктов. В результате медицинское сообщество получило доступ к множеству сервисов, в их числе российский коронавирусный калькулятор [5], klinica.com [6], mayoclinic [7], health.mail.ru [8], электронный ассистент MeDiCase [9], WML Symptom Checker [10], Infermedica [11], Isabel [12], Botkin.AI [13], нейросеть определения COVID-19 по звуку кашля [14], WebMD [15] и другие. Особо отметим появившийся первым, в марте 2020 г., сервис дифференциальной диагностики и назначения лечения на платформе Med-IACaaS [16].

В числе важных критериев оценки или классификации программных средств, нацеленных на раннюю диагностику COVID-19 и его лечение, выделим следующие:

- целевая аудитория (пациенты или врачи), а также поддерживаемые этапы врачебного процесса;
- уровень и детализация описания пациента;
- количество анализируемых патологий;
- объяснимость предлагаемых гипотез;
- источники знаний и возможности их накопления;
- интеграция с электронной медицинской картой.

Рассмотрим подробнее каждый из этих шести критериев.

Целевая аудитория: пациенты или врачи. Большинство доступных сервисов рассчитаны на пациентов, их основная задача — по набору достаточно простых признаков помочь определить ве-

роятность некоторого состояния и генерировать полезные рекомендации. Не более 30% доступных интернет-сервисов полезны не только пациентам, но и врачам. Лишь единичные предназначены исключительно для врачей, однако поддержка принятия решения всего комплекса задач, стоящих перед врачом (диагностика, методы лечения, оценка рисков и т.д.), в полной мере не реализована ни в одном из них.

Уровень и детализация описания пациента: только жалобы, учёт объективных исследований, учёт динамики симптомов. Сервисы для пациентов используют упрощённый набор входящей информации, как правило, статической, почти всегда основаны на жалобах больных и не предлагают объективного расследования. Часто предлагается опрос по запрограммированному сценарию, начиная от первого главного симптома (жалобы). Внесение результатов каких-либо измерений и лабораторных исследований встречается редко. Возможность добавлять признаки заболевания в процессе взаимодействия с сервисом — тоже редкая опция. Использование результатов инструментальных исследований применяется в нейросетевых алгоритмах, но они позволяют анализировать только снимки (иногда звук кашля). Единичные сервисы предоставляют средства описания истории развития заболевания.

Количество анализируемых патологий. Некоторые сервисы поддерживают анализ одной патологии [5, 14, 17], большинство — от десятков до сотен [11, 12, 15].

Объяснимость предлагаемых гипотез: отсутствие, перечисление типичных симптомов, детализированное объяснение. Там, где поддержка решения осуществляется не в профилактических целях, а с целью выбора тактики лечения, особенно персонифицированного (в том числе оперативного вмешательства), врачу необходимо объяснение ожидаемых исходов. Для сервисов, реализованных на основе методов машинного обучения, характерно отсутствие обоснования решений (WML.SymptomChecker, WebMD, Isabel). Для сервисов, использующих знания, объяснение может генерироваться. Например, сервис Infermedica по каждому диагнозу из сформированного списка даёт объяснение в виде лаконичных лексических конструкций, например такого вида: “Грипп. Умеренные доказательства — наличие симптомов: быстрое сердцебиение, головная боль, сухой кашель”. Полезное детализированное объяснение способны выдавать в основном системы поддержки врачебных решений на основе онтологических знаний.

Источники знаний и возможности их накопления: научно-популярная литература, профессиональное сообщество, доступные данные из практики. Большинство доступных сервисов предла-

гают один самый распространённый вариант проявления заболевания, что больше похоже на сведения из научно-популярных литературных источников, чем на оценки экспертов (health.mail.ru, WebMD), некоторые сообщают, что использовали знания профессиональных врачей (Infermedica, MeDiCase). Помимо этого добавляются алгоритмы статистического анализа и расчёта вероятности события, математические модели представления пациентов для диагностики (klinica.com, Botkin.AI). Большинство доступных сервисов обновляются редко, в базу добавляется лишь новое заболевание, а не варианты его проявлений. Однако на некоторых сервисах присутствует обещание постоянного развития ресурса за счёт механизмов накопления новой информации и дальнейшего её использования (klinica.com).

Интеграция с электронной медицинской картой (ЭМК). Большинство сервисов реализованы как отдельные программы, и от пользователя требуется онлайн заполнение формы: внесение результатов анализов, метрик и т.д. Одни разработчики утверждают, что у них есть возможность встроить эти результаты в медицинские информационные системы, другие – что имеют компонент анализа текста из ЭМК (Webiomed – WML.Symptom-Checker, klinica.com). Одна из проблем интеграции сервисов с электронной медицинской картой – наличие в каждом них собственного ограниченного набора названий (и вариантов значений) симптомов и других признаков, часто с неоднозначным смыслом. Единый медицинский классификатор или терминологическая база при этом не используются.

Как упоминалось, в настоящее время научными коллективами в России и за рубежом активно ведутся исследования по созданию систем поддержки принятия решений для практикующих врачей. Большая часть этих работ связана с анализом изображений (как правило, компьютерных томограмм). Анализ изображений служит важной составляющей процесса диагностики, но для того чтобы она была точной и, как следствие, сопровождалась правильным лечением, необходим учёт клинических данных, таких как жалобы, лабораторные исследования, анамнез жизни и т.д. Имеющиеся системы поддержки принятия решений на основе анализа клинических данных используют упрощённые модели знаний (без учёта нечёткой информации, развития заболевания во времени), а также не проводят дифференциальную диагностику (по форме, степени тяжести) и назначение персонализированного лечения в соответствии с клиническими рекомендациями, не выдают детализированного объяснения предлагаемых воздействий. Ниже описывается инновационное решение на основе онтологического подхода для поддержки ранней диагностики,

дифференциальной диагностики заболеваний, назначения лечения.

Основные принципы создания и архитектура интеллектуальной системы. Лечебно-диагностический процесс состоит из нескольких основных этапов [18]: предварительная диагностика; лечение на основе предварительного диагноза, симптомов, тяжести состояния пациента; дифференциальная диагностика с учётом формы и стадии заболевания; коррекция лечения на основе точного диагноза и его мониторинг.

На этапе предварительной диагностики осуществляется поиск диагностических гипотез (возможных заболеваний): сбор и анализ анамнеза пациента, анализ и уточнение жалоб, объективное исследование. На этом этапе интеллектуальная система поддержки принятия врачебных решений (ИСППВР) должна помочь врачу поставить предварительный диагноз, проанализировав все возможные варианты, а также выдать рекомендации по проведению лабораторных и инструментальных исследований с учётом предварительного диагноза.

Задача ИСППВР до получения результатов лабораторных и инструментальных исследований – по жалобам пациента и итогам его объективного осмотра назначить первоначальное лечение, принимая во внимание сопутствующие заболевания, аллергологический анамнез, возраст и т.д. Затем проводится точная диагностика, в случае необходимости – дополнительные исследования, коррекция первоначальных назначений. ИСППВР может помочь врачу в постановке диагноза, правильном выборе препаратов и их комбинации, режимов дозировки, определении продолжительности приёма каждого препарата, а также составлении плана мониторинга состояния пациента. Именно эти задачи часто решаются с ошибками.

С учётом описанной функциональности, которую должна поддерживать ИСППВР, и особенностей заболевания, выделим следующие требования к системе [19]:

- быстрое развёртывание (знания о диагностике и лечении постоянно обновляются);
- поддержание всех упомянутых выше этапов лечебно-диагностического процесса на основе данных электронной медицинской карты;
- соответствие диагностики и назначенного лечения клиническим рекомендациям Минздрава РФ;
- генерация детализированного объяснения, понятного врачам, то есть с использованием общепринятой терминологии;
- реализация системы как облачного сервиса (любое обновление доступно сразу всем пользователям);

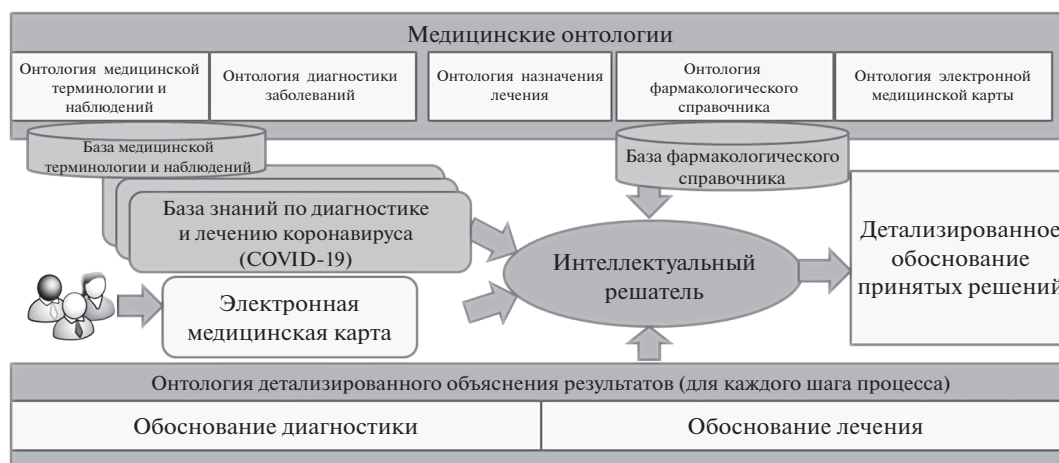


Рис. 1. Архитектура интеллектуальной системы поддержки принятия врачебных решений

• модифицирование, расширение свода знаний должны осуществлять медицинские специалисты.

Для реализации указанных требований и обеспечения функциональности нами предлагается архитектура, схематично иллюстрируемая рисунком 1. Система реализована на основе онтологических баз знаний [20], формируемых экспертами при участии редакторов. В числе основных «Онтология знаний о диагностике заболеваний», «Онтология знаний о лечении заболеваний», «Онтология фармакологического справочника». Для описания знаний используются «База медицинской терминологии и наблюдений» и «База фармакологического справочника». Интеллектуальный решатель, управляемый онтологиями, генерирует детализированное объяснение, опираясь на данные электронной медицинской карты, также формируемой на основе онтологии.

Компонент дифференциальной диагностики COVID-19. Для решения диагностических задач на медицинском портале облачной платформы IASaaS [21] были размещены в качестве информационных ресурсов уже упоминавшаяся «Онтология знаний о диагностике заболеваний», «База знаний о вирусных заболеваниях», а также программные компоненты, обеспечивающие обработку данных: «Интеллектуальный решатель задач диагностики и дифференциальной диагностики», «Сервис для ввода электронной медицинской карты».

«Онтология знаний о диагностике заболеваний» соответствует современным диагностическим стандартам и уровню медицинских знаний, описывает клиническую картину во временной динамике патологического процесса, а также воздействие лечебных мероприятий и других событий на его проявления [22]. Каждое заболевание представлено альтернативными симптомоком-

плексами (в их состав входят комплекс жалоб пациента и объективного исследования, комплекс лабораторных и инструментальных исследований), необходимыми условиями возникновения патологии, причинами, факторами риска и детализацией диагноза. Эта последняя включает в себя описание элементов клинической классификации по форме, варианту, степени тяжести, стадии и т.п. и представляет собой набор признаков (или симптомокомплекс), позволяющий уточнить основной диагноз, вероятность осложнений или функциональных нарушений. Используемая онтология даёт медицинским экспертам возможность формировать базы знаний заболеваний со всеми вариантами значений симптомов во все периоды течения болезни. Фрагмент онтологии представлен на рисунке 2.

«База знаний о вирусных заболеваниях» содержит описание COVID-19, гриппа, парагриппа, многочисленных инфекций (острой респираторной, аденовирусной, риновирусной и других). Она сформирована в соответствии с онтологией, определяющей используемые в медицинской диагностике причинно-следственные связи заболеваний с динамикой внешних проявлений [23] и согласно клиническим рекомендациям и методическим руководствам Минздрава РФ [5, 14, 24]. Описание каждого заболевания включает в себя код по Международной классификации болезней 10-го пересмотра (МКБ-10), причины, факторы риска, необходимое условие или событие, которое привело к возникновению заболевания, ряд симптомокомплексов и детализацию диагноза. Необходимость группировать симптомокомплексы диктуется клиническими особенностями течения заболевания у разных категорий пациентов: детей, взрослых, лиц пожилого и старческого возраста, беременных женщин, спортсменов, а также частотой атипичных форм болезней. Deta-

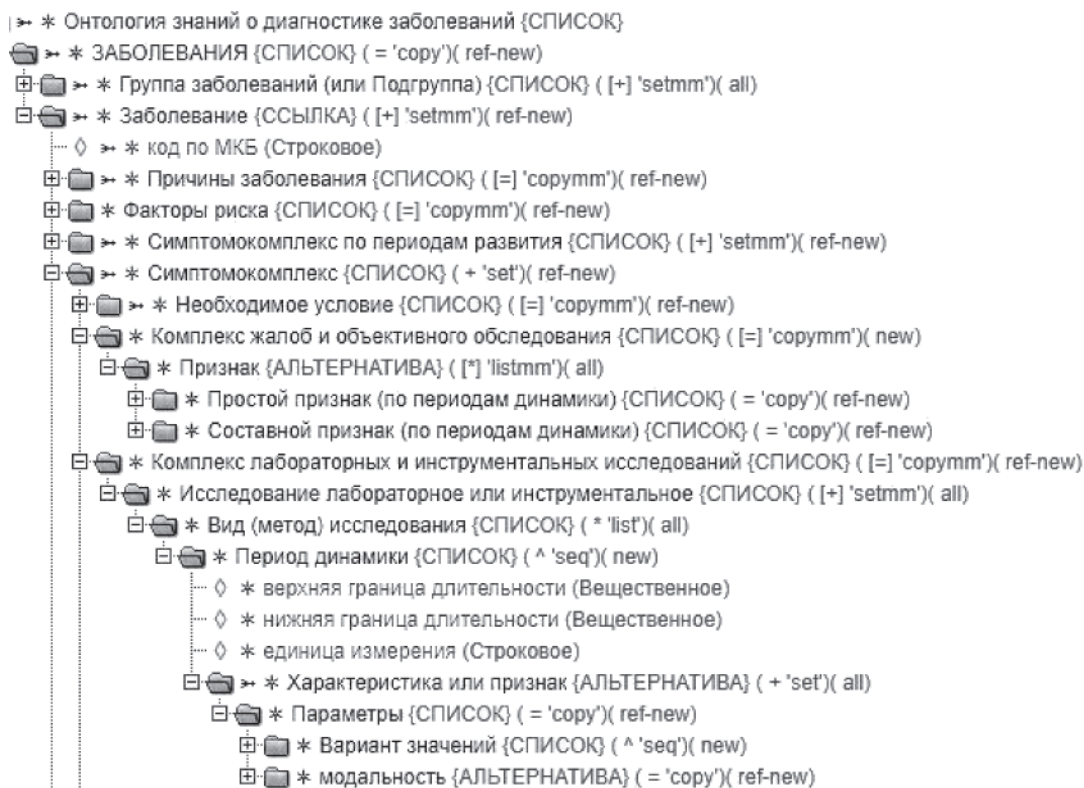


Рис. 2. Скриншот “Онтологии знаний о диагностике заболеваний”

лизация диагностирования COVID-19 описана согласно клиническим классификациям: степень тяжести, степень поражения лёгких (на основании КТ), степень дыхательной недостаточности (по сатурации, SpO₂; по газометрическим данным; по клиническим данным), варианты течения, осложнения и т.д.

Принцип работы ИСППВР. Пользователь вносит общие сведения о пациенте, перечень жалоб и данные объективного исследования, зафиксированные в электронной медицинской карте, и запускает процесс первичной диагностики. Система ведёт поиск, формирует несколько гипотез предварительного диагноза и предлагает их пользователю. Для подтверждения любой из них необходимо внести дополнительные данные.

Сформированный системой предварительный диагноз вносится пользователем в ЭМК. Результат она объясняет путём генерации необходимых, характерных и возможных признаков. Затем можно перейти к рекомендациям по лечению или продолжить второй этап диагностики для формирования окончательного диагноза. После внесения данных лабораторных и инструментальных исследований, предложенных системой, идёт процесс дифференциальной диагностики, исключающий заболевания со сходными симптомами, но неподходящие по каким-либо призна-

кам, что в итоге приводит пользователя к единственно вероятной гипотезе. После введения основного диагноза в ЭМК система формирует полный развёрнутый клинический диагноз с детализацией.

Окончательным результатом работы системы становится структурированный отчёт. В его формате, согласованном со специалистами, группируются результаты в зависимости от их важности. Отчёт предоставляет указание на анализируемую ЭМК, подтверждённые для неё гипотезы (одну либо более одной при сочетанной патологии), гипотезы опровергнутые и рассматриваемые при дальнейшем анализе.

Компонент назначения лечения COVID-19. При разработке компонента назначения лечения была поставлена цель максимально соответствовать методическим рекомендациям по профилактике и лечению новой коронавирусной инфекции с учётом персональных клинических проявлений и тяжести заболевания. Для её достижения, с учётом описанных выше требований к системе, были разработаны информационные компоненты: “Онтология фармакологического справочника” с возможностью описания сочетаемости лекарственных средств, “Онтология знаний о лечении заболеваний”, позволяющая описать различные модели, схемы медикаментозной терапии с учё-

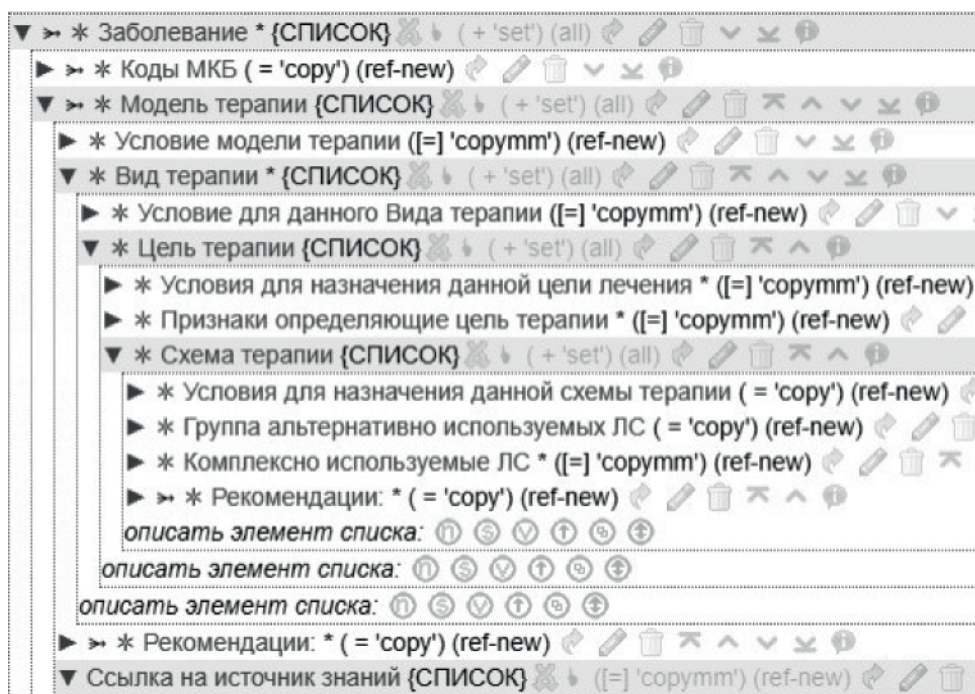


Рис. 3. Фрагмент онтологии базы знаний о лечении заболеваний, размещённой на облачной платформе IACaaS (скриншот)

том персональных данных пациента, особенностей клинической картины с возможностью мониторинга медикаментозной терапии и контроля состояния пациента. На основе этих онтологий созданы соответствующие информационные ресурсы, позволяющие формировать современные представления о лечении COVID-19.

Онтология фармакологического справочника. В настоящее время имеется множество доступных фармакологических справочников цифрового и бумажного формата, в которых фигурирует более 4000 наименований лекарственных средств. Их структура в целом идентична и состоит из набора полей, каждое из которых представлено в текстовом формате. Среди них такие ключевые для назначения лечения поля, как фармакологические свойства, фармакологическое действие, противопоказания, способ применения и дозы, взаимодействие с другими лекарственными средствами и др. Разработанная онтология фармакологического справочника предназначена для описания в формальном, а не текстовом виде всех необходимых структурных единиц лекарственного средства [23]. Онтология позволила сгенерировать базу знаний, включающую в себя 8000 понятий. Все они структурированы согласно классическим представлениям клинической медицины о лекарственном средстве и позволяют прежде всего на основании клинических рекомендаций формировать базы о лечении заболеваний – не только COVID-19, но и других социально значи-

мых патологий – гастроэнтерологических, кардиологических и некоторых вирусных.

Онтология знаний о лечении заболеваний включает в себя описание конкретной патологии, содержащее код МКБ, модель, вид, цель, схему терапии и рекомендации (рис. 3). Схема терапии содержит условие для её назначения, группы альтернативно и комплексно используемых лекарственных средств. Термин “вид терапии” объединяет целый класс понятий: этиотропную, патогенетическую, симптоматическую, эмпирическую и другие виды терапии. Термин “цель терапии” объединяет гемостатическую, противорвотную, противозудную, дезинтоксикационную или муколитическую терапию. Термин “схема терапии” определяет перечень действующих веществ, их сочетания, режим приёма и дозировки лекарственных средств для оптимального лечения заболевания (рис. 4).

Один из необходимых этапов формирования объёма и последовательности терапии – выполнение определённых условий. Условие может состоять как и из одного блока критериев, так и из нескольких, соединённых логическими связями. На каждый блок критериев можно наложить дополнительное ограничение, правило выбора. Под клиническим критерием подразумеваются всевозможные наблюдения пациента, результаты анализов, осмотров, коды МКБ. Критерий может быть как простым, так и состоять из некоторого

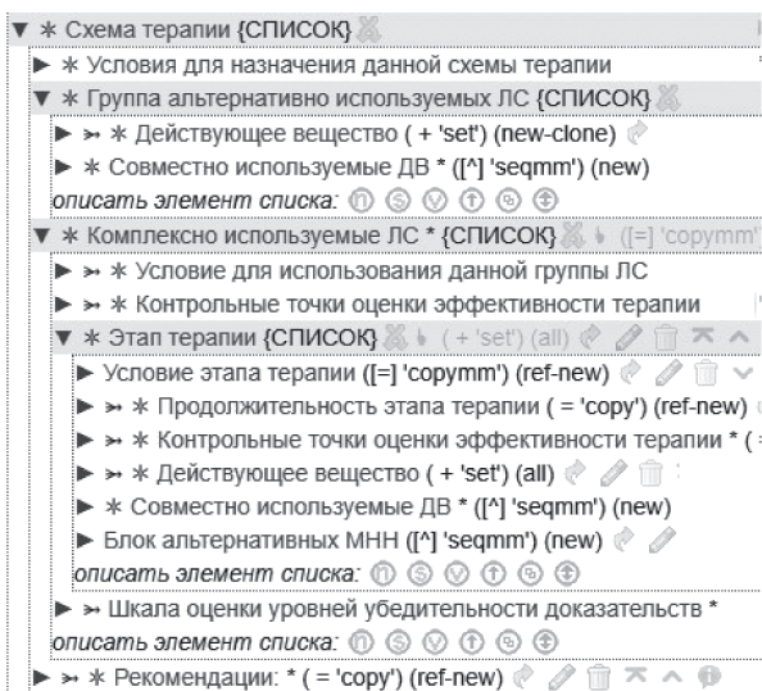


Рис. 4. Фрагмент онтологии базы знаний о лечении заболеваний “Схема терапии”, размещённой на облачной платформе IACaaS (скриншот)

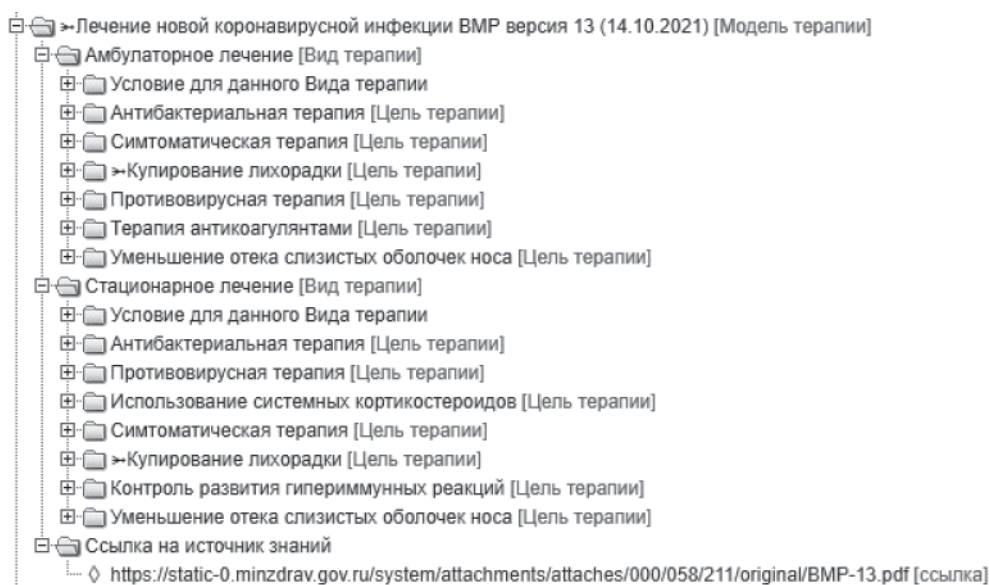


Рис. 5. Фрагмент базы знаний о лечении новой коронавирусной инфекции, размещённой на облачной платформе IACaaS (скриншот)

набора характеристик, на которые можно наложить отдельное правило.

На основании онтологии была сформирована база знаний о лечении COVID-19. В качестве их источника использовались временные методические рекомендации по профилактике, диагности-

ке и лечению новой коронавирусной инфекции (рис. 5). Знания о лечении данного заболевания представлены в строгом соответствии с Временными методическими рекомендациями Минздрава РФ (версия 13) и строго дифференцированы по видам терапии: “Амбулаторное лечение”, “Ста-

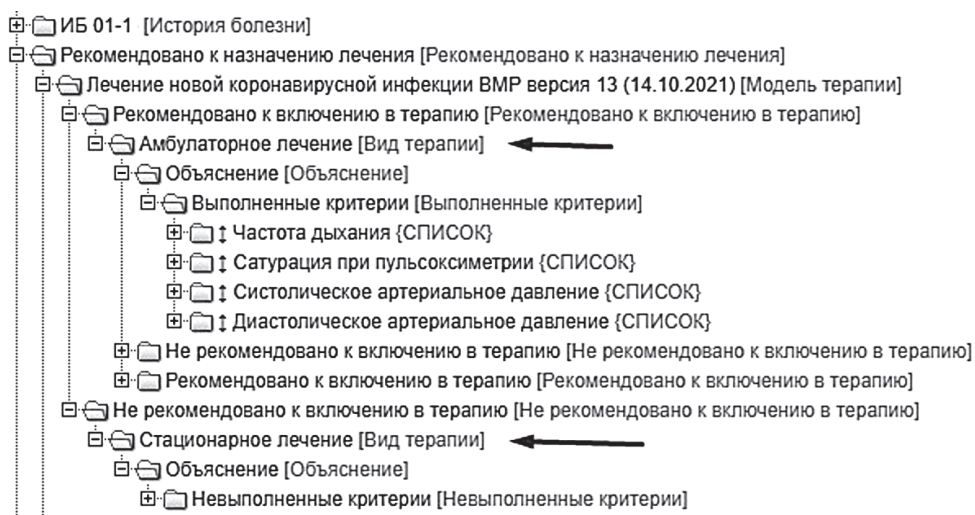


Рис. 6. Генерация рекомендаций, соответствующих амбулаторному лечению (скриншот)

ционарное лечение”. Дифференциация производится в процессе анализа клинических данных, занесённых в ЭМК.

В ходе анализа клинических данных пациента комплекс назначения лечения генерирует рекомендации проведения медикаментозной терапии в соответствии с критериями её целей, схем, представлением перечня возможных лекарственных средств и правил их использования (рис. 6). Описание способа применения рекомендуемого лекарственного средства полностью соответствует общепринятым нормам и включает в себя расшифровку разовой дозировки, кратность приёма, формы выпуска, продолжительности лечения.

* * *

Предлагаемая нами интеллектуальная система поддержки врачебных решений в дифференциальной диагностике и лечении COVID-19 обладает следующими основными особенностями, принципиально отличающими её от аналогов:

- система проводит дифференциальную диагностику заболевания и назначение лечения в соответствии с клиническими рекомендациями (на основе онтологических баз знаний);
- модель медицинского знания имеет семантическое представление, наличие специализированного редактора обеспечивает возможность вносить знания и корректировать их экспертам предметной области;
- пополнение базы знаний по диагностике новых штаммов заболевания, а также методам лечения не требует программирования;
- система выдаёт рекомендации по дополнительному обследованию, если введённых данных недостаточно для принятия решений;

- модель медицинского знания (онтология, по которой формируется база знаний) соответствует современным представлениям в области медицины, содержит средства для описания нечёткости (модальности) признаков, их развития во времени, формирования альтернативных симптомокомплексов для различных методов диагностики, назначения методов лечения в соответствии с клиническими рекомендациями и учётом персональных характеристик пациента, тяжести заболевания;

- все предложенные системой решения имеют детализированные объяснения;
- система является облачным сервисом.

Оболочка предложенной ИСППВР использовалась при реализации системы диагностики и лечения COVID-19 методами традиционной китайской терапии в КНР для оперативного применения врачами в разгар эпидемии (февраль–март 2020 г.) [25]. Система была реализована на китайском языке (совместно с китайскими специалистами) по просьбе Ассоциации неправительственных медицинских учреждений Китая. Опыт показал, что разработка отвечает всем сформулированным требованиям и может успешно применяться во врачебной практике. В настоящее время совместно со специалистами обсуждается вопрос о проведении её клинических испытаний в медицинских учреждениях России.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научных проектов № 20-07-00670 А и № 19-29-01077.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Казанцев А.Н., Черных К.П., Хацимов К.А., Багдавадзе Г.Ш.* Накопленный опыт лечения COVID-19. Собственные наблюдения и мировые данные. Обзор литературы // Медицина в Кузбассе. 2021. Т. 20. № 2. С. 20–28.
2. *Гоми Р., Асгару Н., Хаджихейдари А. и др.* Пандемия COVID-19: систематический обзор современных данных // Инфекция и иммунитет. 2020. Т. 10. № 4. С. 655–663.
3. *Федосеев Г.Б.* Врачебные ошибки: характер, причины, последствия, пути предупреждения // Терапия. 2018. № 5. С. 109–115.
4. *Махамбетчин М.М.* Врачебные ошибки: причины, анализ и предупреждение. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020.
5. В России создана нейросеть для диагностики COVID-19. https://www.cnews.ru/news/top/2020-12-15_sozdana_otchestvennaya_nejroset (дата обращения 15.11.2021).
6. SymptomChecker. <https://klinica.com.ua/symptom-checker/> (дата обращения 15.11.2020).
7. SymptomChecker. <https://www.mayoclinic.org/symptom-checker/select-symptom/itt-20009075> (дата обращения 15.11.2021).
8. Карта симптомов. <https://health.mail.ru/symptoms/> (дата обращения 15.11.2021).
9. MeDiCase. Искусственный интеллект для дистанционной диагностики и мониторинга заболеваний. <https://medicase.pro/> (дата обращения 15.11.2021).
10. Поддержка принятия врачебных решений Webiomed.DHRA. <https://webiomed.ai/products/webiomed-dhra/> (дата обращения 15.11.2021).
11. Symptomate. <https://symptomate.com/diagnosis/> (дата обращения 15.11.2021).
12. Isabel. <https://isabelhealthcare.com/> (дата обращения 15.11.2021).
13. Dicom AI Viewer Botkin Oncore. Профессиональный DICOM-вьюер с функционалом искусственного интеллекта. <https://botkin.ai/dicom-ai-viewer-botkin-oncore/> (дата обращения 15.11.2021).
14. Acoustery a health monitoring system based on the analysis of your cough, voice and breath. <https://acoustery.com/#about> (дата обращения 15.11.2021).
15. WebMD Symptom Checker. <https://symptoms.webmd.com/> (дата обращения 15.11.2021).
16. Платформа по диагностике и лечению коронавируса COVID-2019. <https://symptoms.webmd.com/> (дата обращения 15.11.2021).
17. Stop COVID. <https://www.sberbank.ru/promo/eco/covid> (дата обращения 15.11.2021).
18. *Шучка Т.А., Добрин А.В.* Подходы к разработке систем поддержки принятия решений в лечебно-диагностическом процессе // Modern Science. 2021. № 5–4. С. 310–311.
19. *Гаврилова Т.А., Страхович Э.В.* Визуально-аналитическое мышление и интеллект-карты в онтологическом инжиниринге // Онтология проектирования. 2020. Т. 10. № 1. С. 87–99.
20. *Gribova V.V., Kleshchev A.S., Moskalenko F.M., Timchenko V.A.* A Model for Generation of Directed Graphs of Information by the Directed Graph of Metainformation for a Two Level Model of Information Units with a Complex Structure // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. 2015. V. 49. № 6. P. 221–231.
21. *Gribova V., Moskalenko P., Petryaeva M., Okun D.* Cloud environment for development and use of software systems for clinical medicine and education // Advances in Intelligent Systems Research. 2019. V. 166. P. 225–229.
22. *Грибова В.В., Петряева М.В., Окунь Д.Б., Шалфеева Е.А.* Онтология медицинской диагностики для интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Онтология проектирования. 2018. Т. 8. № 1 (27). С. 58–73.
23. *Грибова В.В., Окунь Д.Б., Петряева М.В., Шалфеева Е.А.* Инфраструктура IASaaS для формирования интерпретируемых баз диагностических знаний по заболеваниям произвольной направленности // Семнадцатая Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (21–25 октября 2019 г., Ульяновск, Россия). Сб. научных трудов. Т. 2. Ульяновск: УлГТУ, 2019. С. 81–89.
24. Клинические рекомендации. <https://cr.minzdrav.gov.ru/> (дата обращения 15.11.2021).
25. Chinese doctors in Wuhan will use a coronavirus diagnostic program developed in Primorye. <http://www.interfax-russia.ru/FarEast/news.asp?sec=1671&id=1101675> (дата обращения 15.11.2021).