



<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-4-32-38>  
УДК 616.1:004.4/.9

## Облачный сервис поддержки принятия решений в кардиологии на основе формализованных знаний

В.В. Грибова, М.В. Петряева, Е.А. Шалфеева

Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук, 690041, Российская Федерация, Владивосток, ул. Радио, 5

### Аннотация

Статья представляет сервис поддержки принятия диагностических решений в кардиологии. Описаны общие принципы разработки и концептуальная архитектура интеллектуального сервиса, его информационные и программные компоненты. Представлены возможности проведения диагностики и дифференциальной диагностики заболеваний сердца на медицинском портале облачной платформы IACPaaS.

|  |  |
|--|--|
| <b>Ключевые слова:</b>                       | сервис поддержки принятия решений, онтологический подход, база терминов для кардиологии, база знаний, дистанционная диагностика сердечно-сосудистых заболеваний.   |
| <b>Конфликт интересов:</b>                   | авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.   |
| <b>Прозрачность финансовой деятельности:</b> | никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты 18-29-03131 и 19-29-01077.  |
| <b>Для цитирования:</b>                      | Грибова В.В., Петряева М.В., Шалфеева Е.А. Облачный сервис поддержки принятия решений в кардиологии на основе формализованных знаний. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2020;35(4):32–38. <a href="https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-4-32-38">https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-4-32-38</a> . |

## Cloud decision support service in cardiology based on formalized knowledge

Valeria V. Gribova, Margarita V. Petryaeva, Elena A. Shalfeeva

Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 5, Radio str., Vladivostok, 690041, Russian Federation

### Abstract

The paper presents the service for support of diagnostic decision-making in cardiology. The general principles for the development and conceptual architecture of smart service and its information and software components are described. The features of diagnosis and differential diagnosis of cardiac diseases on the medical portal of the IACPaaS cloud platform are presented.

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Keywords:</b>             | decision support service, ontological approach, terminology base for cardiology, knowledge base, remote diagnosis of cardiovascular diseases.  |
| <b>Conflict of interest:</b> | the authors do not declare a conflict of interest.   |
| <b>Financial disclosure:</b> | no author has a financial or property interest in any material or method mentioned. This work was supported, in part, by the Russian Foundation for Basic Research, projects 18-29-03131 and 19-29-01077.  |
| <b>For citation:</b>         | Gribova V.V., Petryaeva M.V., Shalfeeva E.A. Cloud decision support service in cardiology based on formalized knowledge. <i>The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2020;35(4):32–38. <a href="https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-4-32-38">https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-4-32-38</a> . |

Грибова Валерия Викторовна, e-mail: [gribova@iacp.dvo.ru](mailto:gribova@iacp.dvo.ru).

## Введение

Массовое внедрение цифровых технологий в медицину демонстрирует успешные результаты в диагностике и лечении целого ряда различных заболеваний, в том числе социально значимых [1]. Однако компьютерная поддержка практикующего врача в его повседневной деятельности остается неудовлетворительной [2, 3]. Во многих литературных источниках отмечается большое число врачебных ошибок (согласно статистике, доходящее до 30% [4]). Их причины вызваны разными субъективными и объективными факторами. Среди субъективных факторов называют ошибки врача на этапе обследования и при принятии решений: неполный анамнез, недостаточное внимание к медицинским документам, низкое качество объективного обследования и др. К объективным факторам относится, прежде всего, постоянно увеличивающееся количество критериев, которые необходимо учитывать и анализировать врачу при принятии врачебного решения, значительно превосходящее когнитивные возможности человека [5], а также недостаток времени на принятие решения. Единственным эффективным решением, которое может существенно изменить данную ситуацию, является внедрение в клиническую медицину систем поддержки принятия решений, основанных на технологиях искусственного интеллекта [3, 6].

## О принципах создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений для практической медицины

Системы поддержки принятия врачебных решений разрабатываются на протяжении нескольких десятилетий (ранее, как правило, употреблялся термин «экспертные системы»). Публикации, посвященные этим разработкам, описывают методы и особенности реализации, модель представления знаний, а также фрагменты базы знаний. Такие системы являются узкоспециализированными, например, для бронхиальной астмы, диабета, ревматических заболеваний, заболеваний брюшной полости и др. При описании сервисов, охватывающих более широкий спектр заболеваний, демонстрируется упрощенная диагностика по набору статических симптомов и процентному сравнению числа совпадений у конкретной модели пациента. Основная проблема существующих систем – недоступность баз знаний для широкого профессионального сообщества с целью их оценки и непрерывного развития, как следствие, быстрое устаревание знаний, недоверие к ним, поскольку их формируют и сопровождают программисты (инженеры знаний). В некоторых случаях удается получить доступ к демо-сервисам для пациентов, но не для врачей (примеры: <https://cardio.medaboutme.ru/>; <http://webiomed.ai/>).

Однако давно понятно, что для доверия к возможностям сервисов и внедрения в практику систем поддержки интеллектуальной деятельности врачей требуется участие множества медицинских специалистов. Нужны открытые системы, которые докажут свою возможность накапливать знания и оказывать полезную поддержку, используя их. Открытость означает свободное (возможно, продолжительное) участие заинтересованных лиц – для проверки имеющихся в системе знаний, апробации собственных знаний, их добавления или уточнения. Одна из недавних созданных открытых масштабных баз знаний (БЗ) для апробации описана в работе L. Müller и соавт. [7].

Для создания открытых облачных БЗ и интеллектуальных сервисов поддержки принятия решений предложена инфраструктура IACPaaS [8, 9]. Портал Med-IACPaaS на облачной платформе содержит БЗ и сервисы для диагностики, лечения и прогноза заболеваний (совокупно представляющие собой оцифрованные клинические рекомендации). Специалисты любого профиля медицины имеют возможность оценить на своих клинических случаях полноту или правильность знаний своего профиля, предложить свою выборку данных для дообучения БЗ (клинических рекомендаций) или формализовать свои знания с помощью средств их редактирования. Для формирования медицинских документов предоставляется единая терминологическая база – русскоязычный классификатор терминов с синонимами, позволяющий объединить (и совместить) профессиональные терминологические традиции и привычки специалистов из разных регионов и учреждений. Инфраструктура и технология основаны на онтологическом подходе [8], благодаря которому формализуемые медицинские документы – БЗ (клинических рекомендаций) – имеют семантическое представление, понятное экспертам предметной области.

Для создания интеллектуальных сервисов поддержки принятия решений по диагностике заболеваний на облачной платформе IACPaaS [9] предложены инфраструктура, основанная на онтологическом подходе, и технология их создания [8]. Каждый облачный сервис для поддержки принятия решений конструируется из информационных и программных компонентов. Информационные компоненты включают онтологии, базы данных (БД) и БЗ. Основными развиваемыми информационными компонентами являются терминологическая база – классификатор терминов, используемый при формировании медицинских документов, и БЗ по диагностике заболеваний. Все ресурсы формируются на основе соответствующих онтологий и имеют семантическое представление, понятное экспертам предметной области. Онтологии также определяют правила обработки поступающих данных о пациенте в соответствии с текущей БЗ. Одним из примеров компьютерных клинических рекомендаций по диагностике является интерпретируемая БЗ IACPaaS для диагностики заболеваний в кардиологии.

## Онтология для интерпретируемой базы знаний в медицине

Онтология диагностики заболеваний соответствует современному диагностическому процессу и уровню развития медицинских знаний. Ее основные характеристики:

1. Формирование симптомокомплексов заболеваний с учетом категорий пользователей; использование референсных диапазонов для наиболее точного учета данных лабораторных и инструментальных показателей.

2. Единообразная формализация описаний хронических и острых заболеваний (их периодов развития и стадий заболевания).

3. Применение расширенного ряда значений модальности признаков («необходимый признак», «характерный для заболевания признак», «возможный признак») и шкалы факторов уверенности для уточнения роли признаков при диагностике заболеваний.

4. Учет разных вариантов представления значений признаков: точные числовые диапазоны, группировка типичных поддиапазонов, выбор направления изменения

числовых значений (тренда) или интервальных обозначений различных отклонений значений от нормы.

5. Формирование альтернативных симптомокомплексов для учета многообразия течения одних и тех же заболеваний у разных пациентов, представляющих врачебный опыт.

6. Уточнение диагнозов с учетом этиологии, патогенеза, варианта течения, степени тяжести, наличия осложнений и пр. для проведения дифференциальной диагностики заболеваний и выбора соответствующих методов лечения.

7. Определение необходимых условий заболеваний и провоцирующих факторов, роль и диагностическая ценность которых различна.

8. Выделение комплексов признаков, присущих целой группе заболеваний.

9. Определение значений характеристик, измененных воздействием событий, для учета внешних воздействий, оказываемых на организм пациента на разных этапах заболевания.

В онтологической модели диагностики симптомокомплекс заболевания состоит из комплекса жалоб и объективного исследования, комплекса лабораторных и инструментальных исследований, а также необходимых условий для симптомокомплекса. Количество симптомокомплексов определяется типом заболевания, необходимостью учета преморбидных биологических, личностных и иных факторов. Роль применения симптомокомплексов велика в силу того, что позволяет объединить диагностически ценные признаки в рамках определенного условия.

Необходимое условие для заболевания обозначает то событие, без которого заболевание не случилось бы, например: перенесенная стрептококковая инфекция – для ревматического миокардита, закупорка просвета сосудов головного мозга – для ишемического инсульта.

В комплексах жалоб и объективного исследования представлены множества признаков, изменения значений которых являются симптомами заболевания. В блоке лабораторных и инструментальных исследований чаще обозначены те признаки, которые достоверно квалифицируют заболевания и их формы.

Возможные причины заболевания представлены событиями или этиологическими факторами, которые привели или способствовали развитию заболевания. Они описываются модальностью и временными характеристиками, которые в свою очередь включают интервал до начала заболевания и продолжительность события.

Взаимосвязи типа <диагноз, [необходимое условие,] {симптомокомплекс, {признак, {период, продолжительность периода, диапазон значений признака, в период}}}} позволяют описывать заболевания с учетом одной из главных сложностей диагностического процесса в медицине – необходимостью определить непрерывно развивающийся процесс (заболевание).

Количество симптомокомплексов определяется типом заболевания, необходимостью учета преморбидных биологических, личностных и иных факторов. Роль применения симптомокомплексов велика в силу того, что позволяет объединять диагностически ценные признаки в рамках определенных условий.

Онтология БЗ, представленная на метаязыке платформ IACPaaS, с помощью спецификаторов и ограничителей языка определяет правила порождения БЗ и онтологические соглашения, которые должны выполняться

при их построении, что обеспечивает синтаксическую и частично семантическую корректность формируемых знаний. Поскольку знания и данные формируются на основе соответствующих онтологий, программные онтологические компоненты не требуют изменения в ответ на обновление знаний. Качество предлагаемых сервисом решений является следствием полноты и правильности БЗ.

Для построения сервиса поддержки принятия решений в кардиологии требуется добавить в классификатор терминов специфичные для описания патологических процессов сердечно-сосудистой системы наблюдения (признаки) со всеми их детальными описаниями, областью определения значений и указанием норм значений. С их помощью и под управлением онтологии диагностики формируется «База знаний о заболеваниях сердечно-сосудистой системы».

### Формирование терминологической базы

Терминологическая база для кардиологии формируется под управлением «Онтологии базы медицинского портала IACPaaS, позволяющей определить такие информационные единицы, как группы терминов, термин, группы наблюдений, группы признаков, признак (симптом), характеристика, значение [10].

База терминов включает необходимый и достаточный набор признаков, жалоб, данных объективного исследования, факторов риска и причин развития заболеваний сердца и сосудов, лабораторных и инструментальных исследований, объединяемых соответствующими группами наблюдений. Признаки (симптомы) описаны как простые (с качественными, числовыми или интервальными значениями) или как составные, включающие характеристики с аналогичными вариантами типов значений. Признаки и качественные значения признаков имеют синонимы: как абсолютные (полностью совпадают со своим значением и характерной сочетаемостью), так и относительные (частично совпадают по значению и употреблению). Группа признаков «Жалобы» включает описание признаков с развернутым представлением их разнообразных характеристик и значений, которые встречаются при большинстве кардиологических заболеваний: боль в грудной клетке, головокружение, сердцебиение, одышка, перебои в сердце, отеки и др. Пример понятия для описания симптома «Боль в грудной клетке» в онтологических терминах (признак, характеристика, значение) приведен на рисунке 1.

Группа признаков «Объективное исследование» включает полное описание методов осмотра, перкуссии, пальпации, аускультации системы кровообращения, согласно истории болезни (ИБ) пациента. Факторы риска и причины развития заболеваний описаны в соответствии со стандартным вопросником, разработанным на основе адаптированных международных методик с использованием известных шкал (SCORE) и вычисляемых индексов (индекс курения, индекс массы тела, сердечно-легочный сосудистый индекс – CAVI и др.), аналогично исследованию ЭССЕ-РФ [11]. Группа «Данные лабораторных исследований» включает описание различных общеклинических, биохимических, бактериологических, серологических исследований и исследований свертывающей системы крови, необходимых для диагностики заболеваний сердца и сосудов. В группе признаков «Данные инструментальных исследований» в формальном виде

представлены современные методы: функциональной диагностики (электрокардиография – ЭКГ, ЭКГ с функциональными пробами, суточное мониторирование ЭКГ, пульсометрия), ультразвуковой диагностики (ультразвуковое исследование сердца), рентгенологической диагностики (общая коронарная ангиография, селективная коронарография), компьютерной томографии (КТ) сердца и сосудов (последовательная КТ с проспективной ЭКГ-синхронизацией, спиральная КТ с ретроспективной

ЭКГ-синхронизацией) и др. Для количественных показателей использованы референсные значения (с учетом возраста, пола, беременности, этнических и других особенностей), что повышает информационную значимость соответствующих клинических проявлений при формировании диагностических БЗ [12, 13]. Терминологическая база является частью единого классификатора медицинских терминов, используемых при формировании клинических руководств, ИБ и персональных карт.

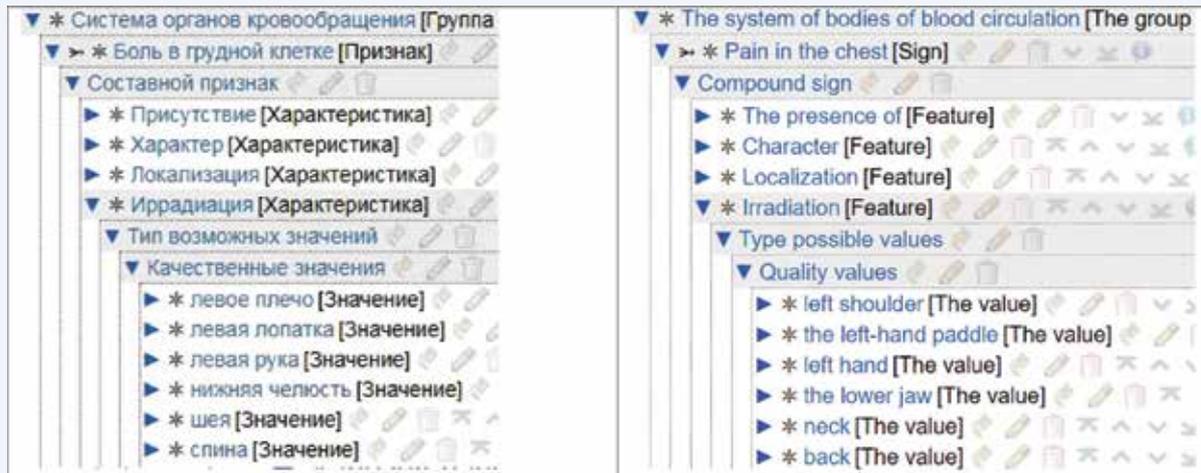


Рис. 1. Фрагмент представления признака «Боль в грудной клетке»  
Fig. 1. Fragment of representing the symptom "Chest Pain"

### Формирование базы знаний заболеваний

БЗ о заболеваниях системы кровообращения формируется в соответствии с «Онтологией знаний о диагностике заболеваний» [14], определяющей используемые в медицинской диагностике причинно-следственные связи заболеваний с динамикой внешних проявлений. Используемая онтология дает возможность медицинским экспертам формализовать знания со всеми возможными вариантами значений симптомов для каждого периода течения заболевания. Описание самого заболевания включает: код заболевания по МКБ-10, причины заболевания,

факторы риска, необходимое условие или событие, которое привело к возникновению этого заболевания, ряд различных симптомокомплексов и детализацию диагноза. Необходимость группировать различные симптомокомплексы диктуется клиническими особенностями течения заболевания у разных категорий пациентов: детей, лиц пожилого и старческого возраста, беременных женщин, спортсменов, а также встречаемостью атипичных форм болезней. Так, при инфаркте миокарда существует девять вариантов течения сердечного приступа, которые своим механизмом развития и клиническими проявлениями заметно отличаются от типичной формы (рис. 2).

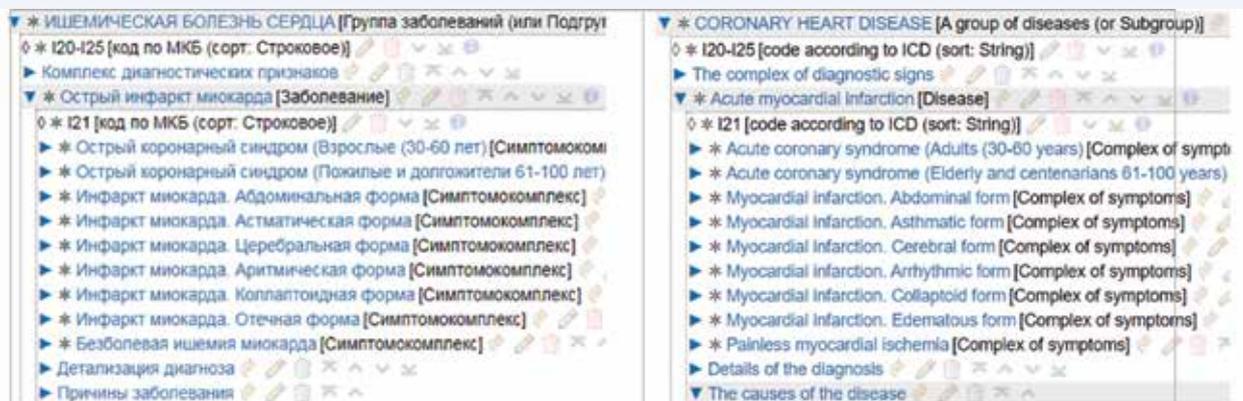


Рис. 2. Фрагмент базы знаний заболевания «Инфаркт миокарда»  
Fig. 2. Fragment of the knowledge base for disease "Myocardial infarction"

Каждый симптомокомплекс состоит из описания комплекса жалоб и объективного исследования и комплекса лабораторных и инструментальных исследований, которые в свою очередь включают описание патогномичных, специфических и неспецифических признаков заболевания с определением модальности. БЗ сформирована медицинскими экспертами на основе литературных данных и врачебного опыта. По мере расширения методов диагностики она будет усовершенствоваться и дополняться.

Редактор БЗ, автоматически генерируемый по онтологии, обеспечивает порождение БЗ в соответствии с заданными правилами и контролирует выполнение онтологических соглашений. Более того, автоматически проверяется формальная полнота сформированной БЗ.

Дополнительными средствами, обеспечивающими качество знаний, является их формирование на основе единой терминологической базы, которая обеспечивает однозначную интерпретацию сформированных знаний медицинским сообществом (при этом база терминологии и наблюдений допускает синонимию). Средства платформы также имеют инструменты верификации БЗ на базе эталонных примеров, в данном случае ими выступают ИБ.

## Работа сервиса поддержки принятия решений по диагностике

Сервис поддержки принятия решений по диагностике имеет следующие функциональные возможности: поиск гипотез о предварительном диагнозе пациента, проверка выставленного врачом предварительного диагноза, корректировка выставленного врачом основного диагноза при несовпадении его с компьютерным, дифференциальная диагностика заболевания внутри одной нозологии, а также подсказка врачу о необходимых исследованиях (лабораторных, инструментальных и объективных) или сведениях о пациенте, которые необходимо получить для подтверждения или опровержения некоторой рабочей гипотезы (гипотез) о заболевании. Результатом его работы является структурированный отчет.

Формат структурированного отчета о результатах диагностики, согласованный со специалистами, группирует результаты в зависимости от их важности. Он предоставляет указание на анализируемую ИБ, предложенные для нее гипотезы (одну либо более одной для сочетанной патологии), опровергнутые гипотезы и гипотезы, рассматриваемые для дальнейшего анализа (рис. 3).

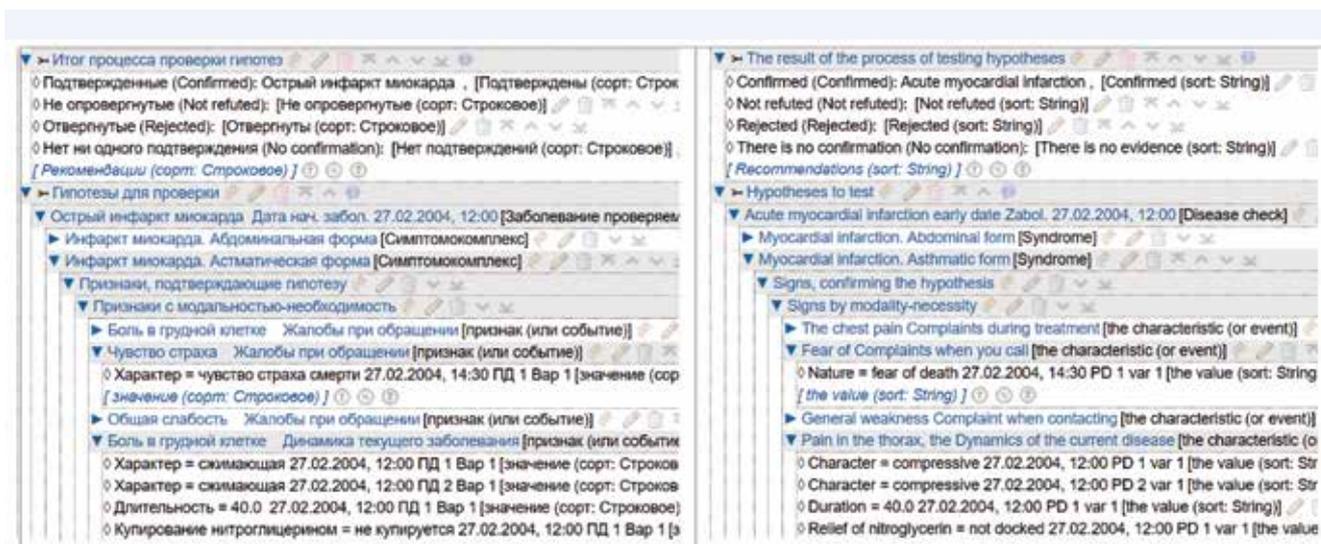


Рис. 3. Скриншот фрагмента отчета о диагностике для указанной истории болезни пациента  
Fig. 3. Screenshot of a fragment of the diagnostic report for the specified patient's medical record

Работа с сервисом сводится к вводу конкретной ИБ пациента (используя предлагаемое средство для ввода ИБ с возможностью выбора видов наблюдений и их значений) или выбору ИБ из архива (по ее шифру), запуску процесса диагностики и получению результата: списка отвергнутых гипотез о заболеваниях, списка гипотез, для подтверждения которых потребуются дополнительные сведения о пациенте, и, возможно, так называемая подтвержденная гипотеза, т. е. заболевание, клинической картине которого полностью соответствует ИБ.

Для проведения дифференциальной диагностики врач указывает в ИБ пациента предполагаемое уточнение нозологии и получает результат проверки: подтверждение такого дифференциального диагноза или критику его с конструктивным объяснением недостаточности обследования или обнаруженного несоответствия, либо объяснение подтверждения диагноза.

## Заключение

В работе описан онтологический подход к созданию интеллектуального сервиса поддержки принятия диагностических решений в кардиологии, его информационные и программные компоненты.

Особенностями сервиса, принципиально отличающими его от других медицинских сервисов, являются:

- реализация сервиса как системы с БЗ, которая имеет декларативное представление (семантическая сеть), отделена от программного кода сервиса, формируется по онтологии диагностики заболеваний, что соответствует современному подходу к разработке интеллектуальных систем;
- использование онтологического подхода и структурного редактора, управляемого онтологией (с несколькими типами пользовательских интерфейсов), для включения экспертов (чаще нескольких) предметной области в процесс разработки БЗ;

– облачная реализация сервиса, что при наличии Интернета делает его доступным всему заинтересованному сообществу; редактор для разработки и модификации БЗ также является облачным, это, наряду с комплексом средств проверки БЗ и ее оценивания на эталонных задачах, обеспечивает жизнеспособность системы за счет возможности постоянного совершенствования знаний экспертами предметной области;

– поддержка нескольких режимов диагностики заболеваний: поиск гипотезы о возможном заболевании (заболеваниях) с выдачей рекомендаций по дополнительному обследованию, критика гипотезы (анализ конкретного заболевания из множества поддерживаемых системой); в каждом случае пользователю выдается подробное обоснование опровергнутых гипотез, возможных гипотез о заболевании, а также описания соответствия жалоб пользователя, результатов объективного, лабораторного и инструментального исследований клинической картине заболевания;

– поддержка дифференциальной диагностики заболеваний с учетом периода развития заболеваний, возраста, а также его детализации по форме, варианту течения, степени тяжести, стадии, наличию осложнений; при

описании симптомокомплексов используются качественные нечеткие шкалы и модальность проявления признаков («необходимый признак», «характерный для заболевания признак», «возможный признак»).

Созданные для сервиса знания проходили проверку на нескольких десятках законченных ИБ (диагноз от сервиса и диагноз от лечащего врача совпадают). Время внесения данных через интерфейс сервиса: 10–20 симптомов и показателей пациента – 2–3 мин. Заполнение всей ИБ от паспортных данных и истории заболевания до лабораторных, инструментальных исследований и дневника ведения пациента – от 15 мин.

Создатели БЗ и сервиса заинтересованы в более широкой апробации знаний на ИБ и приглашают исследователей получить доступ к сервису и редактору знаний (получить можно у держателей платформы или зарегистрироваться самостоятельно). В настоящее время аналогичные сервисы созданы для ряда нозологий в офтальмологии, урологии, вирусных заболеваний (включая COVID-19 и геморрагическую лихорадку с почечным синдромом), орфанных заболеваний, заболеваний желудочно-кишечного тракта, неврологии и эндокринологии.

## Литература

- Гусев А.В., Плисс М.А., Левин М.Б., Новицкий Р.Э. Тренды и прогнозы развития медицинских информационных систем в России. *Врач и информационные технологии*. 2019;(2):38–49.
- Ефименко И.В., Хорошевский В.Ф. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в медицине: ретроспективный обзор состояния исследований и разработок и перспективы. Материалы конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем», г. Минск. 2017;(7):251–260.
- Shahsavaran A.M., Azad Marz Abadi E., Hakimi Kalkhoran M., Jafari S., Qaranli S. Clinical decision support systems (CDSSs): State of the art review of literature. *Int. J. Med. Rev.* 2015;2:299–308.
- Makary M.A., Daniel M. Medical error – the third leading cause of death in the US. *BMJ*. 2016;353. DOI: 10.1136/bmj.i2139.
- Halford G.S., Baker R., McCredden J.E., Bain J.D. How many variables can humans process? *Psychol. Sci.* 2005;16(1):70–76.
- Кобринский Б.А. Особенности медицинских интеллектуальных систем. *Информационно-измерительные и управляющие системы*. 2013;11(5):58–64.
- Müller L., Gangadharaiyah R., Klein S.C., Perry J., Bernstein G., Nurkse D. et al. An open access medical knowledge base for community driven diagnostic decision support system development *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2019;19:93. DOI: 10.1186/s12911-019-0804-1.
- Gribova V.V., Petryaeva M.V., Okun D.B., Tarasov A.V. Software toolkit for creating intelligent systems in practical and educational medicine. Materials of “2018 3<sup>rd</sup> Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC)”, 18–25 August 2018. Vladivostok: IEEE Xplore; 2018;18149153. DOI: 10.1109/RPC.2018.8482130.
- Gribova V., Kleschev A., Moskalenko P., Timchenko V., Fedorisdiev L., Shalfeeva E. The IACPaaS cloud platform: Features and perspectives. Materials of “2017 Second Russia and Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC)”, 25–29 September 2017. Vladivostok: IEEE Xplore; 2017:80–84. DOI: 10.1109/RPC.2017.8168073.
- Москаленко Ф.М., Окунь Д.Б., Петряева М.В. База терминов для интеллектуальных медицинских сервисов. Материалы X международной научной конференции «Системный анализ в медицине» (САМ 2016); под общ. ред. В.П. Колосова, 22–23 сентября 2016 г. Благовещенск: ДНЦ ФПД; 2016:155–158.
- Гусев А.В., Кузнецова Т.Ю., Корсаков И.Н. Искусственный интеллект в оценке рисков развития сердечно-сосудистых заболеваний. *Журнал телемедицины и электронного здравоохранения*. 2018;(3). URL: <http://jtelemed.ru/article/iskusstvennyy-intellekt-v-ocenke-riskov-razvitiya-serdechno-sosudistyh-zabolevaniy>.
- Драпкина О.М. Информационные технологии в кардиологии. Перспективы развития. *Российский кардиологический журнал*. 2013;(4):23–27. DOI: 10.15829/1560-4071-2013-4-23-27.
- Аминова Н.В., Ненастьева О.К., Беляков К.М., Боровков Н.Н. Значение и использование Интернет-технологий в кардиологии. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2014;13(S2):9.
- Грибова В.В., Петряева М.В., Окунь Д.Б., Шалфеева Е.А. Онтология медицинской диагностики для интеллектуальных систем поддержки принятия решений. *Онтология проектирования*. 2018;8(1):58–73. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-1-58-73.
- Kobrinsky B.A. Features of medical intelligent systems. *Information-Measuring and Control Systems*. 2013;11(5):58–64 (In Russ.).
- Müller L., Gangadharaiyah R., Klein S.C., Perry J., Bernstein G., Nurkse D. et al. An open access medical knowledge base for community driven diagnostic decision support system development *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2019;19:93. DOI: 10.1186/s12911-019-0804-1.
- Gribova V.V., Petryaeva M.V., Okun D.B., Tarasov A.V. Software toolkit for creating intelligent systems in practical and educational medicine. Materials of the “2018 3<sup>rd</sup> Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC)”, 18–25 August 2018. Vladivostok: IEEE Xplore; 2018;18149153. DOI: 10.1109/RPC.2018.8482130.
- Gribova V., Kleschev A., Moskalenko P., Timchenko V., Fedorisdiev L., Shalfeeva E. The IACPaaS cloud platform: Features and perspectives. Materials of the “2017 Second Russia and Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC)”, 25–29 September 2017. Vladivostok: IEEE Xplore; 2017:80–84. DOI: 10.1109/RPC.2017.8168073.

## References

- Gusev A.V., Pliss M.A., Levin M.B., Novitsky R.E. Trends and forecasts for the development of medical information systems in Russia. *Information Technologies for the Physician*. 2019;(2):38–49 (In Russ.).
- Efimenko I.V., Khoroshevsky V.F. Intelligent decision support system in medicine: a retrospective review of the state of research and development and prospects. In: Materials of conference “Open semantic technologies for designing intelligent systems”, Minsk. 2017;(7):251–260 (In Russ.).
- Shahsavaran A.M., Azad Marz Abadi E., Hakimi Kalkhoran M., Jafari S., Qaranli S. Clinical decision support systems (CDSSs): State of the art review of literature. *Int. J. Med. Rev.* 2015;2:299–308.
- Makary M.A., Daniel M. Medical error – the third leading cause of death in the US. *BMJ*. 2016;353. DOI: 10.1136/bmj.i2139.
- Halford G.S., Baker R., McCredden J.E., Bain J.D. How many variables can humans process? *Psychol. Sci.* 2005;16(1):70–76.

10. Moskalenko P., Okun D., Petryaeva M. Terminology base for intelligent medical services. Materials of the X international scientific conference "System Analysis in Medicine" (CAM 2016); V.P. Kolosov (ed.), 22–23 September, 2016. Blagoveshchensk: DSC FPD; 2016:155–158 (In Russ.).
11. Gusev A.V., Kuznetsova T.Yu., Korsakov I.N. Artificial intelligence in assessing the risks of developing cardiovascular diseases. *Journal of Telemedicine and Electronic Health*. 2018;(3) (In Russ.). URL: <http://jtelemed.ru/article/iskusstvennyj-intellekt-v-ocenke-riskov-razvitiya-serdechno-sosudistyh-zabolevanij>.
12. Drapkina O.M. Information technologies in cardiology: Potential for further development. *Russian Journal of Cardiology*. 2013;(4):23–27 (In Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2013-4-23-27.
13. Amineva N.V., Nenastieva O.K., Belyakov K.M., Borovkov N.N. Significance and use of Internet technologies in cardiology. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2014;13(S2):9 (In Russ.).
14. Gribova V.V., Petryaeva M.V., Okun D.B., Shalfeeva E.A. Ontology of medical diagnostics for intelligent decision support systems. *Design Ontology*. 2018;8(1):58–73 (In Russ.). DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-1-58-73.

## Информация о вкладе авторов

Грибова В.В. – общие принципы и концепция разработки сервиса, утверждение окончательной рукописи для публикации, полная ответственность за содержание.

Петряева М.В. – формирование информационных ресурсов для интеллектуального сервиса: базы кардиологических терминов, базы знаний о заболеваниях системы кровообращения, полная ответственность за содержание.

Шалфеева Е.А. – участие в разработке медицинского портала облачной платформы IACPaaS в роли когнитолога, полная ответственность за содержание.

## Сведения об авторах

**Грибова Валерия Викторовна**, д-р техн. наук, заместитель директора по научной работе, научный руководитель лаборатории интеллектуальных систем, Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук. ORCID 0000-0001-9393-351X.  
E-mail: [gribova@iacp.dvo.ru](mailto:gribova@iacp.dvo.ru).

**Петряева Маргарита Вячеславовна**, канд. мед. наук, научный сотрудник, лаборатория интеллектуальных систем, Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук. ORCID 0000-0002-1693-4508.  
E-mail: [Margarita@iacp.dvo.ru](mailto:Margarita@iacp.dvo.ru).

**Шалфеева Елена Арефьевна**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, лаборатория интеллектуальных систем, Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук. ORCID 0000-0001-5536-2875.  
E-mail: [shalff@iacp.dvo.ru](mailto:shalff@iacp.dvo.ru).

 **Грибова Валерия Викторовна**, e-mail: [gribova@iacp.dvo.ru](mailto:gribova@iacp.dvo.ru).

## Information on author contributions

Gribova V.V. – general principles and concept of service development, final approval of the manuscript for publication, and full responsibility for the content.

Petryaeva M.V. – development of information resources for the smart service: database of cardiological terms, knowledge base on circulatory system diseases, and full responsibility for the content.

Shalfeeva E.A. – as a knowledge engineer: contribution to the development of medical portal for the IACPaaS cloud platform, and full responsibility for the content.

## Information about the authors

**Valeria V. Gribova**, Dr. Sci. (Tech.), Deputy Director for Research, Scientific Supervisor of the Intelligent System Laboratory, Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0001-9393-351X.  
E-mail: [gribova@iacp.dvo.ru](mailto:gribova@iacp.dvo.ru).

**Margarita V. Petryaeva**, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Intelligent System Laboratory, Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-1693-4508.  
E-mail: [Margarita@iacp.dvo.ru](mailto:Margarita@iacp.dvo.ru).

**Elena A. Shalfeeva**, Cand. Sci. (Tech.), Senior Research Scientist, Intelligent System Laboratory, Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0001-5536-2875.  
E-mail: [shalff@iacp.dvo.ru](mailto:shalff@iacp.dvo.ru).

 **Valeria V. Gribova**, e-mail: [gribova@iacp.dvo.ru](mailto:gribova@iacp.dvo.ru).

Поступила 26.06.2020

Received June 26, 2020