

ПРИКЛАДНЫЕ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 004.82

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-2-192-203



Онтология представления знаний о назначении персонифицированного лечения

© 2023, Р.И. Ковалев^{1,2}✉, В.В. Грибова^{1,2}, Д.Б. Окунь¹

¹ Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток, Россия

² Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

Аннотация

В работе описывается обобщённая онтология, позволяющая формировать знания о различных видах лечения (медикаментозном, восстановительном, хирургическом) вне зависимости от раздела медицины. Онтология - необходимый компонент создания информационной системы, ориентированной на решение класса задач планирования лечения. Планирование позволяет объединить виды лечения для различных заболеваний и разделов медицины. Описывается метод адаптации обобщённой онтологии к различным видам лечения и терминологии, привычной разработчику базы знаний – эксперту предметной области. Из обобщённой онтологии наследуются все специализированные онтологии по конкретным видам лечения, сохраняя её структуру и семантические зависимости. Такой подход обеспечивает создание баз знаний в системах поддержки принятия решений по комплексному назначению лечения пациента, открывая возможность создания единого решателя, обеспечивающего снижение затрат на разработку информационной системы. Обобщённая онтология разработана на облачной платформе *АСРaaS* и в настоящее время используется для создания баз знаний в различных областях медицины.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, онтология, база знаний, заболевание, персонифицированное лечение.

Цитирование: Ковалев Р.И., Грибова В.В., Окунь Д.Б. Онтология представления знаний о назначении персонифицированного лечения // Онтология проектирования. 2023. Т.13, №2(48). С.192-203. DOI:10.18287/2223-9537-2023-13-2-192-203.

Финансирование: работа выполнена в рамках госзаданий FZNS-2023-0010 (разработка обобщённой онтологии) и 0202-2021-0004 (разработка методов адаптации обобщённой онтологии).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение

В настоящее время актуальной задачей является создание систем поддержки принятия решений (СППР) в области медицины. Одним из важных классов задач в этой предметной области (ПрО) являются СППР по назначению лечения. На этом этапе совершается много ошибок, поскольку врачу необходимо учитывать большое количество различной информации (жалобы больного, результаты его лабораторного и инструментального исследований, сопутствующие заболевания, аллергии, совместимость лекарственных препаратов, противопоказания и др.) [1]. Также необходимо принимать во внимание специфику различных видов терапий, таких как медикаментозное, восстановительное лечение, или же хирургическое вмешательство. Принимать решения при таких условиях становится всё сложнее. Для уменьшения ошибок используют различные СППР, которые обеспечивают обработку значительного количества клинических признаков и предлагают свои рекомендации.

Разработано большое количество СППР, помогающих врачу назначить медикаментозное лечение, помочь спланировать тактику хирургической операции или план реабилитации (как правило, объединяющий медикаментозное и восстановительное лечение). Обзор, представленный в работах [2-5] показывает, что такие системы предназначены для лечения только одного заболевания или для их небольшой группы. При этом каждый вид лечения осуществляется отдельной системой, а структура знаний, лежащая в её основе, является существенно упрощённой по сравнению с имеющимися знаниями в этой области [6].

Использование врачом различных систем на практике не представляется возможным. Их создание и сопровождение для разработчиков - дорогой и трудоёмкий процесс. Решением является создание универсальной информационной системы [7], ориентированной на решение класса задач планирования лечения, которое объединяет его различные виды (медикаментозное, восстановительное и хирургическое) и не зависит от заболевания или раздела медицины в целом. Для применения на практике от СППР требуются понятность процесса рассуждения с объяснением полученных результатов, а также возможность своевременно модифицировать используемые в системе знания. Выполнение таких требований обеспечивает онтологический подход [8, 9], на основе которого могут быть созданы понятные специалистам базы знаний (БЗ) в привычных для них терминах и структуре ПрО.

Авторами создана онтологическая оболочка для СППР по назначению медикаментозного лечения [10]. Её использование различными исследовательскими группами показало удобство применения, простоту модификации БЗ экспертами без участия программистов. Существенным её недостатком является применимость только для медикаментозного лечения.

Целью работы является разработка обобщённой онтологии по комплексному назначению лечения пациента. Это позволит вне зависимости от заболевания и вида лечения формировать БЗ по назначению лечения, обеспечить быстрые (без перепрограммирования) их модификации и адаптацию к конкретным лечебным учреждениям.

1 Постановка задачи

Успешный опыт использования онтологий медикаментозного и восстановительного лечения [11] показал, что онтологические БЗ по соответствующим видам лечения могут формировать эксперты ПрО без посредников. Каждая такая онтология обеспечивает возможность формализации БЗ по соответствующему виду лечения в привычной, понятной экспертам-врачам терминологии и структуре, при этом соблюдаются правила порождения соответствующих элементов БЗ и онтологические ограничения.

Построение онтологий на основе двухуровневого подхода, поддерживаемого платформой *IACPaas* [12], в соответствии с которым онтология явно отделена от БЗ и представлена семантической (графовой) структурой, даёт дополнительные преимущества: возможность формирования множества БЗ на основе одной онтологии и унифицированного решателя, управляемого онтологией. Так обеспечивается переход к созданию программных оболочек, которые не зависят от заболевания или раздела медицины, а модификация БЗ не влечёт изменение решателя (программного кода). Создание новой системы сводится к формированию её БЗ. Недостатком созданных систем является разобщённость разных видов лечения, поскольку они имеют разные онтологии и решатели с пользовательскими интерфейсами. Полученный опыт использования онтологий показал, что для всех возможных видов лечения можно выделить общие понятия и структуру, а врачебные манипуляции имеют сходный алгоритм применения.

В обобщённой онтологии по комплексному воздействию на пациента должны наследоваться все специализированные онтологии по конкретным видам лечения, должна быть воз-

возможность задания характеристик объекта или процесса, их свойств и ограничений (периодичность, дозировка, способ применения, длительность, условия применения и др.). Отдельной задачей является разработка метода адаптации обобщённой онтологии к специализированным онтологиям с привычной для данного вида лечения структурой и терминологией.

2 Обобщённая онтология

Обобщённая онтология включает описание различных видов лечения в рамках конкретной патологии с учётом персональных данных пациента. Структурное представление онтологии лечения показано на рисунке 1¹.

Для каждого заболевания формируется модель лечения (или несколько моделей), которая может включать либо восстановительное, либо медикаментозное, либо хирургическое лечение, а также их комбинацию.

Модель лечения – совокупность медицинских мероприятий с доказанным клиническим эффектом по отношению к определённому патологическому процессу. Модель содержит описание состава, последовательности и объёма терапевтической практики, направленное на восстановление здоровья. Для каждого заболевания возможно текстовое описание *рекомендаций* – перечня мер или действий для врача или пациента для достижения наилучших результатов лечения и/или профилактики заболевания.

Основным структурным элементом онтологии является *схема лечения*, которая объединяет программы оказания врачебной помощи с множеством целей лечения, сгруппированных согласно варианту протекания заболевания. Каждая *цель лечения* содержит комплекс клинических мероприятий, направленный на конкретный аспект проводимого лечения (см. рисунок 2).

Лечение может быть разделено на этапы, каждый *этап лечения* представляет собой набор клинических мероприятий, организованный либо по временным отрезкам, либо по достижению показателей, соответствующих цели лечения. Каждый этап лечения содержит *комплекс воздействий* и *продолжительность этапа воздействия*. Структура раздела *Комплекс воздействий* позволяет формировать знания о любых манипуляциях с пациентом по различным видам лечения (см. рисунок 3).

Для персонализации лечения предусмотрен многоуровневый комплекс *условий*, контролирующих возможность проведения медицинских мероприятий (см. рисунок 4). Каждое условие формально представлено клиническим комплексом критериев с чётко определёнными

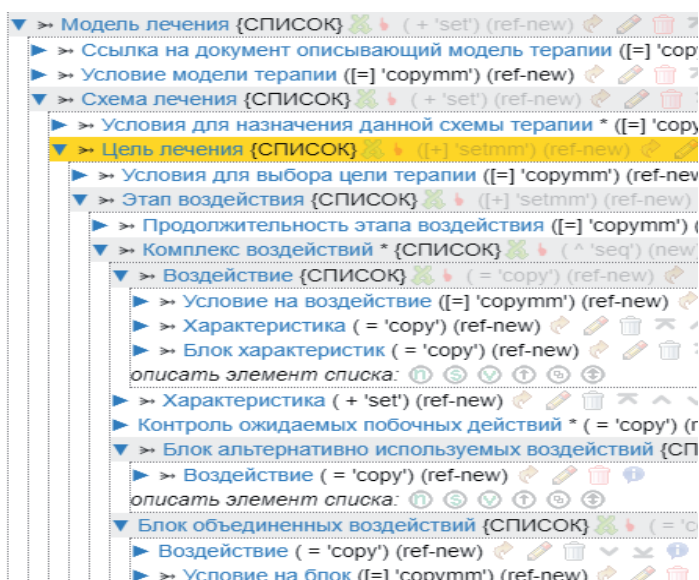


Рисунок 1 - Модель общей онтологии лечения

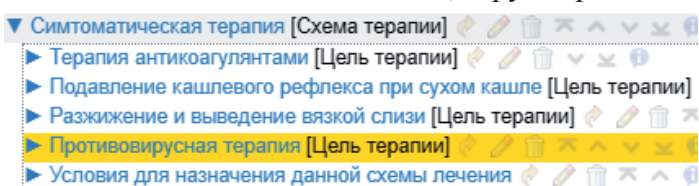


Рисунок 2 – Пример описания в БЗ раздела *Схема терапии*

¹ Все представленные на рисунках в статье скриншоты - это фрагменты онтологий или БЗ на платформе IACPaaS, <https://iacpaas.dvo.ru/>.

значениями. Под критерием понимается любой элемент записи в истории болезни, например: признак, параметр, наблюдение, заболевание, результат исследования, относящийся к персональным данным пациента или отражающий особенность клинической картины заболевания.

Воздействие - основной раздел онтологии, характеризующий тип манипуляций с пациентом (см. рисунок 5) и позволяющий описать любой фактор, имеющий доказанное лечебное действие, например, действующее вещество, физиопроцедура, массаж, хирургические манипуляции (перевязка, наложение шва, обработка ран и др.). Для этого в онтологии имеется блок *Условие на воздействие*, описывающий перечень клинических показателей, при которых данное воздействие может быть рекомендовано к использованию, а также разделы, описывающие свойства, параметры и ограничения воздействия: «*Характеристика*» и «*Блок характеристик*».

Характеристика – универсальный элемент онтологии, предназначенный для описания параметров, свойств и ограничений какого-либо объекта или процесса (см. рисунок 6). Он также содержит собственный блок условий, необходимый для выбора конкретной характеристики, соответствующей картине заболевания. Данный раздел имеет универсальную структуру и позволяет задавать любые типы значений и параметров воздействия, такие как периодичность, дозировка, сила тока, длительность воздействия, мазок на флору и др. Характеристики могут объединяться в *Блок характеристик*, например, блок *Правило приёма* включает *Форма выпуска*, *Способ применения* и др.

Блок *Характеристика* также содержится и в разделе *Комплекс воздействий*. На данном уровне онтология используется для формализации второстепенных элементов процесса терапии, например противопоказания, рекомендации и т.д.

Для возможности гибко и точно применять воздействия к пациенту присутствуют *Блок альтернативно используемых воздействий*, позволяющий описать некоторое множество альтернативных воздействий, когда необходимо выбрать одно из них, а также *Блок объединённых воздействий*, предназначенный для описания некоторого множества воздействий, использующихся совместно.

Для контроля проводимого лечения онтология имеет вершину (раздел) *Контрольные точки оценки эффективности лечения*. Она позволяет задавать временные отрезки контроля,

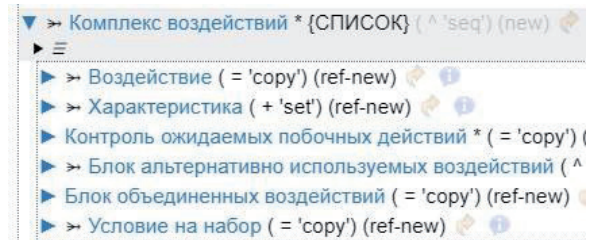
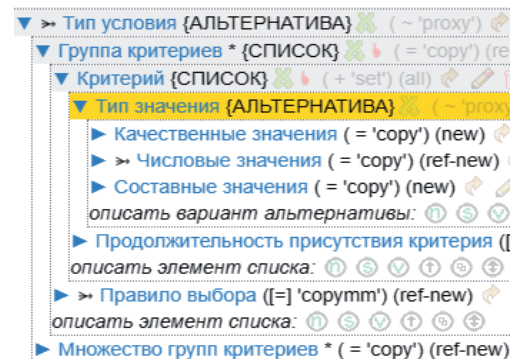
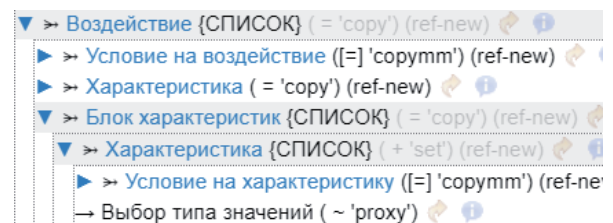
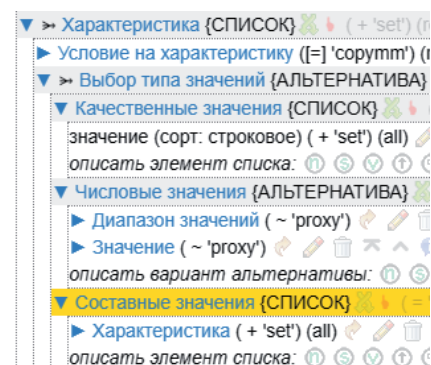
Рисунок 3 – Раздел *Комплекс воздействий*

Рисунок 4 – Структура условия

Рисунок 5 – Структура раздела *Воздействие*Рисунок 6 – Структура раздела *Характеристика*

целевые показатели, которые требуется достичь, а также необходимые воздействия в случае расхождения с ними (см. рисунок 7).

3 Адаптация обобщённой онтологии к специализированным онтологиям

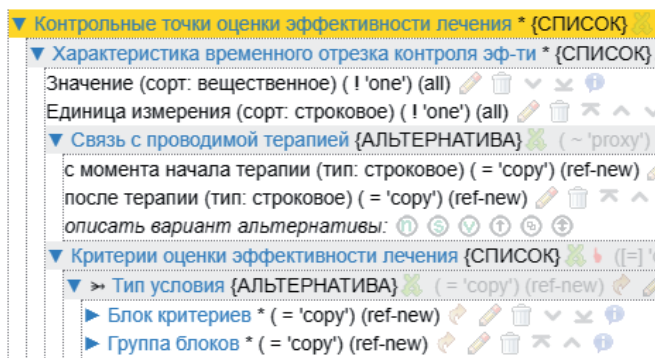


Рисунок 7 – Структура раздела *Контрольные точки оценки эффективности лечения*

ориентированной на тип лечения терминологии, в целевых онтологиях возможно различное количество вершин на одном структурном уровне, т.е. одному абстрактному понятию могут соответствовать несколько конкретных. Так формируются специализированные онтологии, адаптированные к конкретным видам лечения и требованиям пользователей. На основе данных онтологий формируются соответствующие БЗ по лечению заболеваний из различных разделов медицины.

В таблице соответствий для медикаментозной терапии (рисунок 8) основная спецификация начинается с уровня *Комплекс воздействий*, где термин *Воздействие* заменён на *Действующее вещество*. Уточнение разделов, формирующих различные параметры, свойства и ограничения происходит следующим образом. Вершина *Блок характеристик* заменяется на *Вариант назначения*, а термину *Характеристика* сопоставляется сразу несколько разделов: *Разовая дозировка*, *Суточная дозировка*, *Вариант применения*, *Кратность приёма*, *Продолжительность приёма*.

Таким образом, изменяя количество вершин и терминологию, обобщённая онтология адаптируется к конкретной онтологии, формируя специализированную онтологию по назначению медикаментозного лечения (см. рисунок 9А). Используя специализированную онтологию, создаётся соответствующая ей БЗ по медикаментозному лечению (см. рисунок 9Б).

Для адаптации к онтологии по восстановительной терапии используется другая таблица соответствий (см. рисунок 10).

Онтологическая модель имеет универсальную структуру представления знаний по назначению персонафицированного лечения. Чтобы её адаптировать на конкретный вид лечения, предложена таблица соответствий (см. рисунок 8). Она позволяет гибко настроить как структуру, так и терминологию обобщённой онтологии под специфику конкретной специализированной онтологии. Таблица соответствий содержит абстрактные понятия обобщённой онтологии и конкретные понятия в целевой онтологии. Помимо задания узкой,

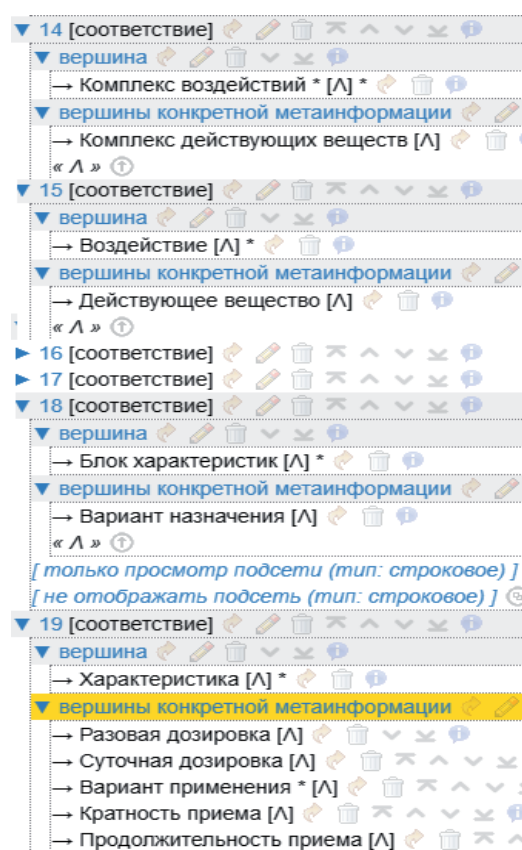


Рисунок 8 – Таблица соответствий для медикаментозной терапии



Рисунок 9 – Пример адаптации обобщённой онтологии к специализированной онтологии по назначению медикаментозного лечения и создания на её основе соответствующей БЗ:

А – фрагмент онтологии назначения медикаментозного лечения,
Б - БЗ о лечении туберкулеза

Здесь термин *Воздействие* заменён на *Методика ВЛ (восстановительного лечения)*, а *Блок характеристик* сопоставляется с *Режим проведения* и *Описание возможной / ожидаемой реакции при проведении процедуры*. Термин *Характеристика* заменяется на *Характеристика методики*, *Область / локализация применения реабилитационного фактора*, *Количество процедур*, *Продолжительность сеанса*, *Дни проведения*.

В результате формируется специализированная онтология, соответствующая восстановительному лечению (см. рисунок 11А). Аналогично можно формировать различные БЗ по восстановительному лечению заболеваний (см. рисунок 11Б).

4 Обсуждение

Интеллектуальная поддержка врача при назначении лечения является важной и актуальной задачей. Наиболее адекватный метод её решения основан на использовании онтологических БЗ [13]. Одной из специфичных проблем данного класса задач является частое изменение знаний о лечении заболеваний. Учитывая, что заболеваний много (более 10 тыс.), что имеются различные подходы к их лечению в зависимости от возраста, состояния пациента, формы заболевания, степени тяжести и др., поддержка БЗ в актуальном состоянии становится трудоёмкой.

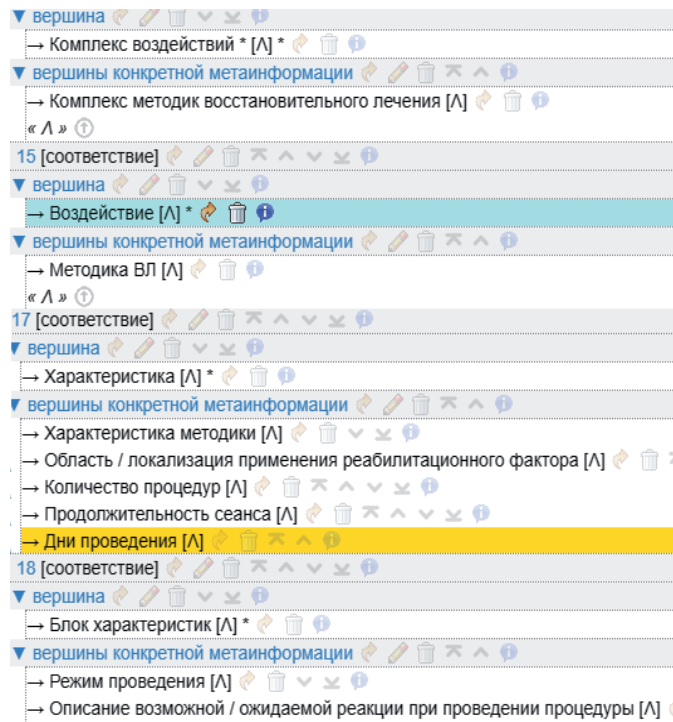


Рисунок 10 - Таблица соответствий для восстановительной терапии

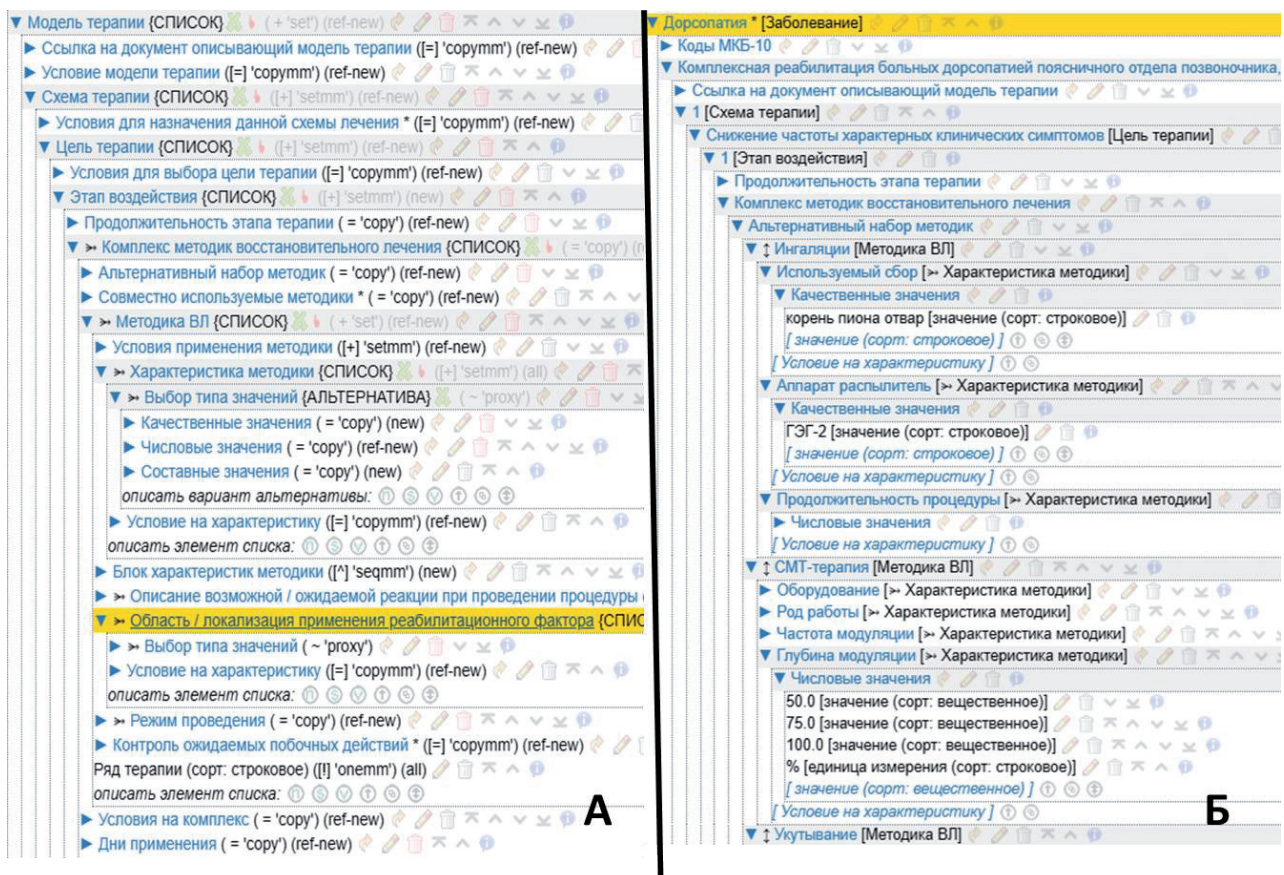


Рисунок 11 - Пример адаптации обобщённой онтологии к специализированной онтологии по назначению восстановительного лечения и создания на её основе соответствующей БЗ:

А – фрагмент онтологии назначения восстановительного лечения,
 Б – фрагмент БЗ по комплексной реабилитации

Поэтому в таких классах задач перед разработчиками БЗ и СППР в качестве ключевых требований выдвигаются следующие: изменение знаний не должно приводить к изменению программного кода решателя; формирование и сопровождение БЗ должно осуществляться носителем информации (экспертом ПрО) без посредников; система должна быть ориентирована на широкий класс заболеваний и поддерживать возможность описания любого вида лечения [14].

Технология разработки интеллектуальных систем с онтологическими БЗ на платформе *IACPaas* поддерживает создание специализированных оболочек за счёт двухуровневого подхода к разработке БЗ. В соответствии с ним онтологии явно отделяются от БЗ, решатель задач основан на онтологии. Проводя аналогию с программированием, онтология является формальным параметром, алгоритм решения формируется с его использованием (т.е. решатель строится, используя онтологические термины), а конкретная БЗ является фактическим параметром. Таким образом обеспечивается независимость решателя от конкретной БЗ. Данный подход использовался авторами на протяжении ряда лет. Была создана оболочка для СППР по медикаментозному лечению. На её основе разработаны прикладные интеллектуальные системы – помощники врача по назначению лечения для ряда заболеваний (туберкулез, COVID-19, ОРВИ, болезни пищеварения, ишемическая болезнь сердца). Однако расширение функциональности системы - добавление восстановительного и хирургического лечения - потребовало бы разработать соответствующие онтологии и решатели. Несмотря на то, что онтология отделена непосредственно от БЗ, допускаются корректировки, уточнения/изменения терминологии, а это повлечёт изменение решателя (программного кода).

Эти факторы явились мотивацией разработки нового подхода, схема которого приведена на рисунке 12.

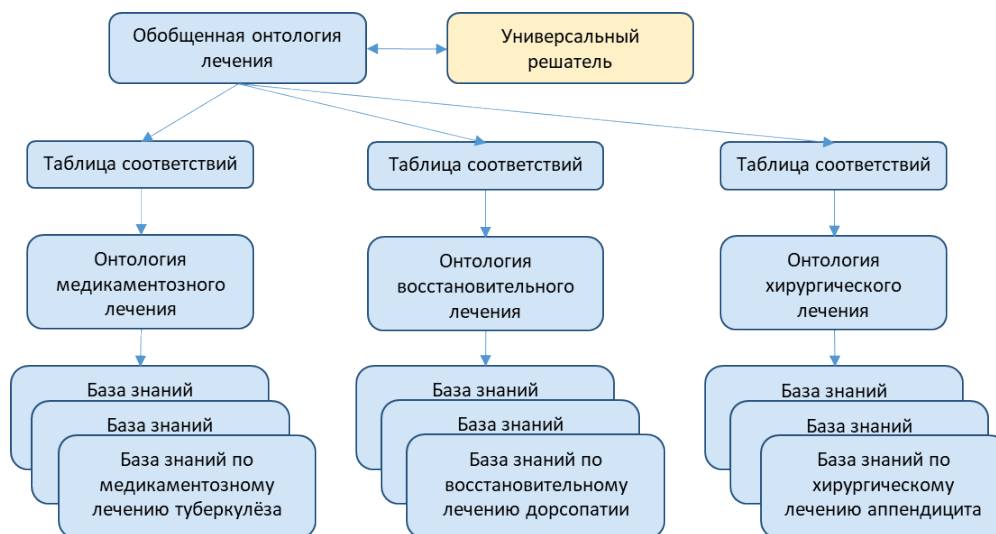


Рисунок 12 – Схема предлагаемого подхода к созданию интеллектуальных систем на основе обобщённой онтологии лечения

В предложенном подходе основу составляет обобщённая онтология лечения, которая через таблицу соответствия может быть адаптирована к целевой онтологии (восстановительного, медикаментозного, хирургического лечения). Универсальный решатель основан на обобщённой онтологии, поскольку все блоки и разделы обобщённой и специализированных онтологий имеют одинаковую структуру и семантический смысл и, как следствие, идентичный алгоритм обработки (решатель). Любая модификация онтологии не влечёт изменения решателя. Эксперты ПрО формируют БЗ в терминах специализированных онтологий, которые могут быть гибко (через таблицу соответствия) адаптированы к их требованиям.

Заключение

В работе представлена обобщённая онтология для назначения лечения и метод её адаптации к онтологиям, реализующим различные виды лечения. Эта онтология использована для разработки оболочки СППР по назначению лечения. Эксперты обеспечивают формирование её БЗ.

Предложенный подход к созданию системы на основе обобщённой онтологии лечения открыл возможность разработки универсального решателя, использующего различные специализированные онтологии, и соответствующих БЗ, а также объединения различных видов лечения в одной системе.

Для адаптации онтологии к конкретным условиям необходимо сформировать таблицу соответствий. Возможна адаптация онтологии к конкретным лечебным заведениям и специалистам, которые хотят использовать собственную специализированную онтологию, используя единый универсальный решатель. Такой подход позволяет снизить затраты на разработку и сопровождение интеллектуальных систем по назначению персонифицированного лечения.

Список источников

- [1] **Федосеев Г.Б.** Врачебные ошибки: характер, причины, последствия, пути предупреждения // *Терапия*. 2018. №5(23). С.109-115. DOI:10.22328/2079-5343-2020-11-3-111-117.
- [2] **Ефименко И.В., Хорошевский В.Ф.** Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в медицине: ретроспективный обзор состояния исследований и разработок и перспективы. – Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2017). Изд-во БГУИР. С.251-260.
- [3] **Moghadam S. et al.** The effects of clinical decision support system for prescribing medication on patient outcomes and physician practice performance: a systematic review and meta-analysis // *BMC medical informatics and decision making*. 2021. Vol.21. No.1. P.1-26. DOI: 10.1186/s12911-020-01376-8.
- [4] **Sutton R.T. et al.** An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success // *NPJ digital medicine*. 2020. Vol.3. No.1. P.17. DOI: 10.1038/s41746-020-0221-y.
- [5] **Кобринский Б.А.** Системы искусственного интеллекта в медицинской практике: состояние и перспективы // *Вестник Росздравнадзора*. 2020. №. 3. С.37-43. DOI: doi.org/10.35576/2070-7940-2020-3-37-43.
- [6] **Haendel M.A., Chute C.G., Robinson P.N.** Classification, ontology, and precision medicine // *New England Journal of Medicine*. 2018. Vol.379. No.15. P.1452-1462. DOI: 10.1056/NEJMr1615014.
- [7] **Загоруйко Г.Б.** Методология разработки интеллектуальных СППР и её применение для задач медицинской диагностики // Информационные технологии и системы: Труды Седьмой Всероссийской научной конференции с международным участием, Ханты-Мансийск, 12–16 марта 2019 г.
- [8] **Amini E.F. et al.** A review on ontology development methodologies for developing ontological knowledge representation systems for various domains // *International Journal of Information Engineering and Electronic Business (IJIEEB)*. 2020. Vol.12, No.2, P.28-39. DOI: 10.5815/ijieeb.2020.02.05.
- [9] **Tudorache T.** WebProtégé: A Collaborative Ontology Editor and Knowledge Acquisition Tool for the Web // *Semantic Web Journal*. 2013. Vol. 4, No 1. P.89-99. DOI: 10.3233/SW-2012-0057.
- [10] **Ковалев Р.И., Грибова В.В., Окунь Д.Б.** Специализированная оболочка для построения интеллектуальных систем назначения медикаментозного лечения // *Искусственный интеллект и принятие решений*. 2020. №4. С.66-79. DOI 10.14357/20718594200407.
- [11] **Ковалев Р.И., Бородулина Е.А., Грибова В.В., Еременко Е.П., Бородулин Б.Е., Колсанов А.В., Окунь Д.Б., Ураксина М.В., Федорищев Л.А.** Интеллектуальный сервис управления процессом лечения больных туберкулезом легких // *Врач и информационные технологии*. 2021. №2. С.36-45. DOI: 10.25881/18110193_2021_2_36.
- [12] **Грибова В.В., Клецев А.С., Москаленко Ф.М., Тимченко В.А., Федорищев Л.А., Шалфеева Е.А.** Облачная платформа IASaaS для разработки оболочек интеллектуальных сервисов: состояние и перспективы развития // *Программные продукты и системы*. 2018. Т.31. №3. С.527-536. DOI:10.15827/0236-235X.123.527-536.
- [13] **Гаврилова Т.А., Страхович Э.В.** Визуально-аналитическое мышление и интеллект-карты в онтологическом инжиниринге // *Онтология проектирования*. 2020. Т.10. №1. С.87-99. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-87-99.

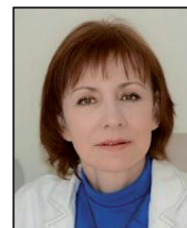
- [14] *Mahadevaiah G. et al.* Artificial intelligence- based clinical decision support in modern medical physics: selection, acceptance, commissioning, and quality assurance // *Medical physics*. 2020. Vol.47. No5. P.e228-e235. DOI: 10.1002/mp.13562.

Сведения об авторах



Ковалев Роман Игоревич, 1995 г. рождения. Окончил Дальневосточный федеральный университет по специальности «Программная инженерия». Научный сотрудник лаборатории интеллектуальных систем Института автоматки и процессов управления Дальневосточного отделения РАН. Научные интересы: онтологии и базы знаний, интеллектуальные системы. AuthorID (РИНЦ): 1141695; AuthorID (Scopus): 57289025600; ResearcherID (WoS): AAD-7187-2022; ORCID: 0000-0002-1704-2675. koval-995@mail.ru ✉.

Грибова Валерия Викторовна, 1965 г. рождения. Окончила Ленинградский политехнический институт по специальности «Прикладная математика». Заместитель директора по научной работе, научный руководитель лаборатории интеллектуальных систем Института автоматки и процессов управления Дальневосточного отделения РАН, д.т.н., чл.-корр. РАН. Научные интересы: онтологии и базы знаний, прикладные и проблемно-ориентированные системы, основанные на знаниях, управление базами знаний. В списке научных трудов более 280 работ. AuthorID (РИНЦ): 7400; AuthorID (Scopus): 7801667631; ResearcherID (WoS): Q-4250-2016; ORCID: 0000-0001-9393-351X. gribova@iacp.dvo.ru.



Окунь Дмитрий Борисович. 1973 г. рождения. Окончил Владивостокский государственный медицинский университет по специальности «Лечебное дело» в 1996 году, к.м.н. (2000). Научный сотрудник лаборатории интеллектуальных систем Института автоматки и процессов управления Дальневосточного отделения РАН. Author ID (РИНЦ): 642886; Author ID (Scopus): 57204598165; Researcher ID (WoS): Q-3163-2016; SPIN-код: 8390-2749; ORCID: 0000-0002-6300-846X; okdm@iacp.dvo.ru

Поступила в редакцию 14.03.2023, после рецензирования 27.03.2023. Принята к публикации 22.05.2023.



Ontology of knowledge representation about the prescribed personalized treatment

© 2023, R.I. Kovalev^{1,2}✉, V.V. Gribova¹, D.B. Okun¹

¹ Institute of Automation and Control Processes Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (IACP FEB RAS), Vladivostok, Russia

² Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok, Russia

Abstract

The paper describes a generalized ontology that makes it possible to form knowledge about various types of treatment (medicamental, restorative, surgical), regardless of the branch of medicine. Ontology is a necessary component for creating an information system focused on solving a class of treatment planning problems. Planning allows you to combine treatments for various diseases and branches of medicine. A method for adapting a generalized ontology to various types of treatment and terminology, which is familiar to the developer of the knowledge base, an expert in the subject area, is described. All specialized ontologies for specific types of treatment are inherited from the generalized ontology, preserving its structure and semantic dependencies. This approach ensures the creation of knowledge bases in decision support systems for the complex prescription of patient treatment, opening up the possibility of creating a single solver, which provides a significant reduction in system development costs. The generalized ontology was developed on the IACPaaS cloud platform and is currently used to create knowledge bases in various fields of medicine.

Key words: decision support system, ontology, knowledge base, disease, personalized treatment.

For citation: Kovalev R.I., Gribova V.V., Okun D.B. Ontology of knowledge representation about the prescribed personalized treatment [In Russian]. *Ontology of designing*. 2023; 13(2): 192-203. DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-2-192-203.

Financial Support: This work was partially supported by the state tasks FZNS-2023-0010 (development of a structure of generalized ontology), as well as 0202-2021-0004 (development of methods of adaptation of generalized ontology).

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

List of figures

Figure 1 - Model of the general ontology of treatment

Figure 2 - Description in the knowledge base of the *Therapy Scheme* section

Figure 3 - The *Complex of influence* section

Figure 4 - Condition structure

Figure 5 - Structure of the *Influence* section

Figure 6 - Structure of the *Characteristic* section

Figure 7 - Structure of the *Control points for evaluating the effectiveness of treatment* section

Figure 8 - Table of relation for drug therapy

Figure 9 - An example of adapting a generalized ontology to a specialized ontology by purpose drug treatment and the creation on its basis of the corresponding knowledge base: a – a fragment of the ontology of drug treatment prescription, b - KB on the treatment of tuberculosis

Figure 10 - Table of relation for rehabilitation therapy

Figure 11 - An example of adapting a generalized ontology to a specialized ontology by purpose rehabilitation treatment and the creation on its basis of an appropriate KB: a - a fragment of the ontology of the appointment of restorative treatment, b - fragment of the KB on complex rehabilitation

Figure 12 - Scheme of the proposed approach to the creation of intelligent systems based on a generalized treatment ontology

References

- [1] **Fedoseev GB.** Medical errors: nature, causes, consequences, ways of prevention [In Russian]. *Therapy*. 2018; 5(23): 109-115. DOI:10.22328/2079-5343-2020-11-3-111-117.
- [2] **Efimenko IV, Khoroshevsky VF.** Intelligent decision support systems in medicine: a retrospective review of the state of research and development and prospects [In Russian]. Open semantic technologies for designing intelligent systems (OSTIS-2017). Publishing house of BSUEP. P.251-260.
- [3] **Moghadam S et al.** The effects of clinical decision support system for prescribing medicine on patient outcomes and physician practice performance: a systematic review and meta-analysis // *BMC medical informatics and decision making*. 2021; 21(1): 1-26. DOI: 10.1186/s12911-020-01376-8.
- [4] **Sutton RT et al.** An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success // *NPJ digital medicine*. 2020; 3(1): 1-17. DOI: 10.1038/s41746-020-0221-y.
- [5] **Kobrinsky BA.** Artificial intelligence systems in medical practice: state and prospects [In Russian]. *Bulletin of Roszdravnadzor*. 2020. No. 3. P.37-43. DOI: doi.org/10.35576/2070-7940-2020-3-37-43.
- [6] **Haendel MA, Chute CG, Robinson PN.** Classification, ontology, and precisionmedicine // *New England Journal of Medicine*. 2018; 379(15): 1452-1462. DOI: 10.1056/NEJMr1615014.
- [7] **Zagorulko GB.** Methodology for the development of intelligent DSS and its application for the tasks of medical diagnostics [In Russian]. *Information technologies and systems [In Russian]*. Proceedings of the Seventh All-Russian Scientific Conference with international participation, Khanty-Mansiysk, March 12-16, 2019.
- [8] **Aminu EF et al.** A review on ontology development methodologies for developing ontological knowledge representation systems for various domains. // *International Journal of Information Engineering and Electronic Business(IJIEEB)*. 2020. Vol.12, No.2, P.28-39. DOI: 10.5815/ijieeb.2020.02.05.
- [9] **Tudorache T.** WebProtégé: A Collaborative Ontology Editor and Knowledge Acquisition Tool for the Web // *Semantic Web Journal*. 2013; 4(1): 89-99. DOI: 10.3233/SW-2012-0057.
- [10] **Kovalev RI, Gribova VV, Okun DB.** A specialized shell for building intelligent systems for prescribing medical treatment [In Russian]. *Artificial intelligence and decision-making*. 2020; 4: 66-79. DOI 10.14357/20718594200407.
- [11] **Kovalev RI, Borodulina EA, Gribova VV, Eremenko EP, Borodulin BE, Kolsanov AV, Okun DB, Uraksina MV, Fedorishchev LA.** Intelligent service for managing the treatment of patients with pulmonary tuberculosis [In Russian]. *Doctor and information technologies*. 2021; 2: 36-45. DOI: 10.25881/18110193_2021_2_36.
- [12] **Gribova VV, Kleshchev AS, Moskalenko FM, Timchenko VA, Fedorishchev LA, Shalfeeva EA.** IACPaaS cloud platform for the development of intelligent services shells: state and prospects of development [In Russian]. *Software products and systems*. 2018; 31(3): 527-536. DOI:10.15827/0236-235X.123.527-536.
- [13] **Gavrilova TA, Strahovich EV.** Visual and analytical thinking and intelligence maps in ontological engineering [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2020; 10(1): 87-99. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-87-99.
- [14] **Mahadevaiah G. et al.** Artificial intelligence- based clinical decision support in modern medical physics: selection, acceptance, commissioning, and quality assurance. *Medical physics*. 2020. 47(5): e228-e235. DOI: 10.1002/mp.13562.

About the authors

Roman Igorevich Kovalev (b. 1995) graduated from the Far Eastern Federal University with a degree in Software Engineering. Post-graduate student of the Far Eastern Federal University, researcher at the Laboratory of Intelligent Systems of the Institute of Automation and Control Processes of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. The scientific interests are ontologies and knowledge bases, and intelligent systems. Author ID (RSCI): 1141695; Author ID (Scopus): 57289025600; Researcher ID (WoS): AAD-7187-2022; ORCID: 0000-0002-1704-2675. koval-995@mail.ru ✉.

Valeria Viktorovna Gribova (b. 1965) graduated from the Leningrad Polytechnic Institute with a degree in Applied Mathematics, Doctor of Technical Sciences (2008). Deputy Director for Scientific Work, Scientific supervisor of the Laboratory of Intelligent Systems. The scientific interests are ontologies and knowledge bases, applied and problem-oriented systems based on knowledge, and knowledge base management. There are more than 280 works in the list of scientific works. Author ID (RSCI): 7400; Author ID (Scopus): 7801667631; Researcher ID (WoS): Q-4250-2016 ORCID: 0000-0001-9393-351X. gribova@iacp.dvo.ru.

Dmitry Borisovich Okun (b. 1973) graduated from the Vladivostok State Medical University with a degree in Medical science in 1996, Ph.D. (2000). Researcher at the Laboratory of Intellectual Systems of the Institute of Automation and Control Processes of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. Author ID (RSCI): 642886; Author ID (Scopus): 57204598165; Researcher ID (WoS): Q-3163-2016; SPIN code: 8390-2749; ORCID ID: 0000-0002-6300-846X; okdm@iacp.dvo.ru.

Received March 14, 2023. Revised March 27, 2023. Accepted May 12, 2023.