УДК 004.82

ОНТОЛОГИЯ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССОВ

В.В. Грибова¹, Е.А. Шалфеева²*Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток, Россия*¹ gribova@iacp.dvo.ru, ² shalf@dvo.ru

Аннотация

Диагностика в предметных областях, где внутри систем или объектов процессы протекают во времени, изменяясь и влияя на другие процессы и характеристики, сложна. Для повышения эффективности диагностики разработано большое количество систем, основанных на знаниях. Но в их моделях знаний не учитываются одновременно все виды темпоральных отношений: изменение значений признаков с течением времени, учёт промежутков времени, прошедших от моментов начала развития процесса и внешних воздействий и др. В статье рассматривается универсальная онтология знаний о диагностике процессов в различных предметных областях. Онтология позволяет формализовать аномалии как развивающиеся внутренние процессы, не присущие нормально функционирующей системе. Для построения таковой потребовалось определить некоторые понятия и отношения, которые являются особенностью таких предметных областей. Статья может быть полезна для разработчиков диагностических систем и для специалистов в области теории и практики применения онтологий.

Ключевые слова: онтология предметной области, онтология проблемной области, диагноз, диагностика, признак, гипотеза, процесс.

Цитирование: Грибова, В.В. Онтология диагностики процессов / В.В. Грибова, Е.А. Шалфеева // Онтология проектирования. – 2019. – Т. 9, №4(34). – С. 449-461. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-4-449-461.

Введение

Во многих областях интеллектуальной деятельности, касающихся безопасности, здоровья, эффективности технологических производств, частью процесса управления (в том числе «управления» здоровьем людей) является диагностика отклонений от желательного развития или состояния объекта/системы.

Под *диагностикой* понимается распознавание внутреннего процесса, который не присущ диагностируемому объекту при нормальном его функционировании (как, например, заболевание). Будем называть *диагнозом* сам диагностируемый внутренний процесс (один *класс отклонений от нормы*) или множество внутренних процессов, не *присущих системе в норме*. Нередко под диагностикой понимается не только распознавание (класса) отклонения параметров функционирующей системы от нормативных, но и выявление причин, приведших к возникновению этих отклонений в системе.

В некоторых предметных областях (ПрО) сложность диагностики связана с тем, что системы или объекты обладают, кроме типовых параметров, индивидуальными особенностями, а условиями протекающих процессов внутри различных систем или объектов могут быть и события, происходящие в различные моменты времени, и внешние факторы. В ряде ПрО задачи диагностики решаются относительно систем или объектов, у которых процессы, в том числе с отклонениями, протекают во времени, продолжая изменяться и влиять на другие процессы и характеристики. Поэтому могут учитываться:

- интервал времени, прошедший с момента начала развития диагностируемого внутреннего процесса (не присущего объекту/системе);

- влияние событий и факторов на значения признаков и их изменение во времени;
- влияние индивидуальных характеристик объекта (системы) на проявления этого внутреннего процесса;
- степень доверия к признаку (нечёткость признака).

Диагностика в таких ПрО сложна. Для повышения её эффективности используют технологию *систем, основанных на знаниях* - систем поддержки принятия решений (СППР) и экспертных систем (ЭС), - как средств, позволяющих привлечь во внимание значительное количество диагностических признаков и минимизировать ошибки, связанные с субъективными (человеческими) факторами. К настоящему времени разработано большое количество диагностических СППР и ЭС в различных ПрО: диагностика неисправностей в механических и электрических устройствах, медицинская диагностика, идентификация состояния сельскохозяйственных культур, диагностика заболеваний в ветеринарной эпидемиологии и др.

Различаются цели диагностических программных систем (ЭС или СППР). Некоторые ориентированы на выдвижение множества полезных гипотез, некоторые - на выдвижение одной наиболее вероятной гипотезы, а в некоторых диагностических ЭС используется принцип построения, основанный на конструктивной критике, выдвинутой пользователем гипотезы. Наиболее распространены программные системы, которые поддерживают задачу диагностики, предлагая специалисту множество полезных гипотез (которое далее должно быть уменьшено).

Для применения на практике от СППР требуются «прозрачность» для специалистов как используемых знаний, так и процесса рассуждения системы с объяснением результатов диагностики. Завоевавший популярность онтологический подход [1-3] позволяет создавать понятные специалистам базы знаний (БЗ) и формировать объяснение процесса работы в привычных профессиональных терминах.

Поскольку трудоёмкость создания «практически полезных» программных систем велика, нужны эффективные технологии снижения затрат. В работах [4, 5] выдвинуто утверждение, что в интеллектуальных системах можно выделить классы задач и для каждого класса разработать метод решения задачи, который будет повторно использоваться в различных системах. Построение универсального решателя диагностики, работающего в терминах универсальной единой онтологии, можно рассматривать как создание ядра эффективной технологии снижения затрат. Такой решатель должен проводить анализ всех типичных видов связей сущностей, важных для диагностики.

В известных онтологиях диагностики не учитываются одновременно все виды отношений вместе с «временной картиной» (изменение значений признаков с течением времени, учёт промежутков времени, прошедших от моментов начала развития процесса и внешних воздействий), поэтому целью работы является представление универсальной онтологии и демонстрация её возможностей на двух ПрО.

1 Постановка задачи

Для произвольной ПрО, где важно нормальное функционирование объектов/систем (биологических или технических), сопоставим внутреннему *процессу*, который не присущ диагностируемому объекту при нормальном его функционировании, понятие *отклонение от нормы* (или *нарушение, поломка, неисправность, сбой, класс отклонений, диагноз*).

В данной работе используется термин *диагноз* как множество *отклонений* (например, заболеваний); *признаками* называются любые свойства объекта/системы, измеряемые или наблюдаемые параметры, значения которых могут отличаться от нормальных (допустимых).

Признаки объекта, изменяющиеся с течением времени (в том числе на протяжении периода диагностики), называются *темпоральными* или *динамическими*.

При решении задач диагностики применяются модели знаний разной сложности:

- с учётом временной динамики (какие диапазоны значений в какие моменты или периоды ожидаются) или с учётом «временного аспекта» (например, температура снизилась; вибрация усиливается) или без таковых;
- с учётом или без учёта влияния факторов на динамику значений признаков (проявлений);
- с учётом возможности существования нескольких видов отклонений от нормы (т.е. *диагноз* есть множество отклонений, например: нескольких заболеваний сразу - «сочетанной патологии» в медицине, загрязнение контактов и обрыв контактов) или с расчётом на то, что объект имеет только одну проблему;
- с учётом разных методов диагностики;
- с группированием схожих отклонений от нормы или выделением подклассов отклонений (уточнением диагнозов).

Соответственно, в БЗ вносят причинные связи:

- отношения между внешними проявлениями и их причинами – диагнозами (нарушениями/отклонениями от нормы);
- отношения между событиями (или факторами) и (вызванными) диагнозами;
- цепочки ⟨нарушения-диагнозы → внутренние состояния⟩ (примером внутренних состояний являются клинические и патофизиологические состояния живых организмов [6]) и ⟨состояния → проявления (значения измеримых параметров)⟩.

В некоторых случаях для диагностики могут представлять интерес и более простые связи: ⟨причинный фактор → внешнее проявление⟩ (например, разрыв контакта – погасшая лампочка).

Иногда для проявлений и диагнозов в БЗ вводят *временные* свойства (а также для их взаимозависимостей - согласования протяжённости, задержки и т.п.). Характерны такие *временные ограничения* и *временные* свойства (проявлений и причин), как: диапазон времени до начала эффекта наблюдаемости (*Onset*), диапазон времени, когда эффект останется, если причина прекратится (*Persist*), максимальное время присутствия причины (*Max-exist*), задержка (*Delay*), самоограничение (*Self-limiting*), неустойчивость (*Intermittent*) – см. рисунок 1а [7].

Нередко представляют пошаговое развитие каждого проявления признака, соответствующего одному известному *отклонению*, с определённым *временным* шагом (отрезок разбивается на N равных интервалов) – см. рисунок 1б [8]. Часто вводят *временные ограничения* для попарно не пересекающихся интервалов, позволяющие определить *разрешённую дистанцию* между соответствующими *моментами времени*, используя выражения метрической точечной временной логики [8].

Чтобы «в полной мере» представлять динамику проявлений и состояний в БЗ (так, чтобы рассматривать варианты поэтапных изменений значений признаков), используют разные упрощения. Например, составляют *временные шаблоны* для последовательностей ожидаемых значений *параметра состояния*, интерпретируемые как более компактные последовательности (рисунок 1в) или «совокупные» узлы с *качественным описанием* (например, *hyponatremia*, *hypernatremia*), *временные «скопления»* для описания *процесса* как единого понятия [6].

Иногда вводят «интервалы постоянства значений признаков на некоторых характерных интервалах» [9], превращая один динамический признак в несколько «постоянных» признаков (со средним значением). Например, анализ значения признака билирубина первых двух дней усреднены в первый диагностический признак, а значение второго признака берётся как

усреднённое значение тех измерений билирубина, что сделаны в дни с 3-й по 7-й [10]. Другой вариант - один и тот же признак, определённый в два разных дня, понимается как два абсолютно разных и независимых признака (билирубин *в первый день* – это один диагностический признак, билирубин *во второй день*..., билирубин *в пятый день* – также новые признаки и т.д.) [9].

Иногда вводятся интервалы, представляющие устойчивые состояния, где уже нет изменения ни в одном из параметров [11]. На рисунке 1г показан пример множества соотношений между установившимися интервалами.

Рисунок 1 – Способы упрощения представления динамики проявлений

Часто динамику учитывают на «качественном уровне», а не в виде последовательностей; с использованием параметров для описания симптомов («периодически», «усиление» и т.п.), из них формируются симптомы: «усиление головной боли при движении», «периодически отмечался слабо выраженный абдоминальный болевой синдром» [12, 13].

В *причинных связях* учитываются различные аспекты причины (серьёзность, продолжительность и т.д.) [6], вводятся элементы нечёткой логики [14], факторы уверенности [15] или

модальность как степень доверия к признаку. К причине добавляют *факторы* (возраст, вес и т.д.). В БЗ может быть заложена возможность учёта реакции на воздействие событий или факторов («реакция на определённое терапевтическое действие станет ключом к разгадке диагноза» [6]).

Помимо причинных отношений в БЗ могут быть представлены *ассоциативные* (коррелирующие) *связи*, когда присутствие одного признака влияет на ожидание о присутствии или отсутствии другого (причина корреляции или ассоциации не определена), и *группирующие связи* (присутствие нескольких проявлений одновременно представляет ситуацию шаблонного «синдрома») [6].

Введём обозначения:

- $R_{ex}(t_0, \dots, t_k)$ для признаков, значения которых могут изменяться;
- R_O для наблюдаемых индивидуальных характеристик объекта/системы;
- $R_{ev}(t_u, \dots, t_v)$ для факторов и событий, наблюдаемых в некоторые моменты времени.

Пусть F_{in} – множество отклонений от нормы. Тогда в зависимости от цели диагностики (в конкретных ЭС или СППР) диагноз есть $\Delta = f_{in}$ – одна наиболее вероятная гипотеза о классе отклонений – или множество полезных гипотез (которое в последующем должно быть уменьшено) $\Delta = \{f_{in}\}, f_{in} \subseteq F_{in}$.

Постановка задачи диагностики с использованием модели знаний, обобщающей разные традиции учёта времени наблюдений и динамики развития процессов и признаков, такова.

Дано:

- результаты наблюдения признаков, характеристик объекта и произошедших событий на некотором интервале времени: $R = R_{ex}(t_0, \dots, t_k) + R_O + R_{ev}(t_u, \dots, t_v)$;
- база знаний.

Найти:

- все возможные причинно-следственные модели $S(\Delta, R)$ объекта/системы, относительно которых все предложения из БЗ истинны.

Причинно-следственные модели $S(\Delta, R)$ объекта связывают результаты наблюдений R и диагностированные отклонения Δ . S – объяснение решения, степень подробности которого зависит от *онтологии проблемной области*. В диагностических методиках отмечается поиск объяснения *наблюдений* (в ненормальном состоянии) и реконструкция вероятного «сценария», который произвел наблюдаемое *состояние*, чтобы «сценарий» последовательно объяснил наблюдения [7].

Онтология проблемной области состоит из терминологии и множества утверждений, определяющих соглашения проблемной области (или типы отношений терминов и ограничения на их интерпретацию). *Онтология проблемной области «диагностика процессов»* учитывает и позволяет описывать в единых диагностических терминах знания о:

- развитии произвольного внутреннего процесса объекта/системы и изменчивости внешних его проявлений;
- влиянии событий и факторов на значения признаков и их изменение во времени;
- влиянии индивидуальных характеристик объекта/системы на вариант развития произвольного внутреннего процесса (и значения признаков);
- промежутке времени, прошедшем с момента начала диагностируемого внутреннего процесса;
- мерах нечёткости признака диагностируемого процесса (необязательность проявления признака или степень доверия к признаку, неточность или недоопределённость значений, неоднозначность или нечёткость границы между интервальными значениями признака).

От онтологии проблемной области «диагностика процессов» ожидается универсальность, позволяющая наследовать из неё всем предметно-ориентированным онтологиям.

2 Обобщённая онтология проблемной области «Диагностика процессов»

Рассмотрим типы утверждений, устанавливающих соответствие между значениями причин и значениями следствий в причинных закономерностях, используемых при диагностике для объектов/систем разных ПрО.

В качестве причины понимают «диагноз» - возникший в системе или объекте внутренний процесс, который развивается во времени. В качестве следствий (отношений) рассматриваются признаки (с их значениями), проявляемые объектом диагностики. При этом в значениях следствий ожидается изменчивость внешних проявлений этого внутреннего процесса (объекта/системы).

Один внутренний процесс (причина) вызывает несколько внешних проявлений (значений следствий), объединяемых в *комплекс диагностических признаков* (КДП); но он может вызывать разные совокупности таких проявлений – альтернативные КДП. Например, разрушение инерциальной навигационной системы автономного подводного робота (АПР) может характеризоваться следующими альтернативными признаками: активным маневрированием со стороны движительно-рулевого комплекса (ДРК), повышенным энергопотреблением со стороны ДРК, перегрузкой и отключением батарейного модуля, остановкой двигателя [16].

Типы значений проявляемых признаков могут быть числовыми или качественными. По мере развития (во времени) процесса проявления признаков изменяются в рамках своих областей значений.

Значения признаков в рассматриваемые моменты или периоды могут быть точными числами или попадать в характерные числовые диапазоны, быть значениями из чётко определяемой качественной шкалы (сухой, влажный) или нечётко различаемой (розоватый, красноватый; повышенное энергопотребление), отражающей термины конкретных экспертов. Признаки могут быть простыми, состоящими из имени признака и множества его значений (например, температура), или составными.

Для указания меры нечёткости признака (диагностируемого процесса) используются:

- *модальность*, значения которой достаточны для рекомендаций по подтверждению или опровержению гипотезы, например: необходимо, характерно, возможно;
- *шкала вероятностей* соответствия признаков гипотезе о диагнозе, которая может быть использована, если эксперты ПрО имеют соглашения о том, какие её значения целесообразно использовать при принятии решений.

Интервал времени, прошедший с момента начала диагностируемого внутреннего процесса, используется явно в причинных закономерностях при учёте события или фактора (если событие должно быть известно в анализируемой ситуации). В других случаях чаще моментом начала диагностируемого процесса считают первое проявление.

В условиях причинно-следственных отношений могут присутствовать внешние факторы или события, относящиеся к различным моментам времени, а также постоянные во времени признаки объекта диагностики, иногда называемые индивидуальными характеристиками.

Например, при диагностике состояния сельскохозяйственных культур в качестве условия может выступать время, прошедшее после обработки растений пестицидами и гербицидами, климатические особенности региона выращивания; при диагностике некоторого заболевания - перенесённые травмы и заболевания, приём лекарственных препаратов. Внешними факторами для таких объектов могут быть время года (сезон), температура воздуха, индивидуальные характеристики - возраст (растения, человека), пол. Для системы технической диагностики внешними событиями являются удары (например, удар АПР о препятствия), факторами - магнитные аномалии вблизи АПР.

БЗ могут содержать любую совокупность из следующих предложений-утверждений [17]:

- 1) множество признаков с их ожидаемыми однократно выявленными значениями для (каждого) КДП для диагноза Δ_i или множество признаков с ожидаемыми изменениями своих значений по периодам развития для каждого КДП для диагноза Δ_i (вариантами динамики).

Пример 1. Для диагноза «пневмококковый конъюнктивит» характерны признаки [18]: покраснение глаз. Присутствие = «имеется», покраснение глаз. Локализация с вариантами динамики:

- (1) «справа, слева, справа И слева *постоянно*»;
- (2) «справа 1-2 суток, затем справа И слева»;
- (3) «слева 1-2 суток, затем справа И слева».

Пример 2. Несанкционированное выключение питания двигателя АПР характеризуют следующие признаки с модальностью «возможность»: [короткое замыкание] И [ошибка аналого-цифрового преобразователя двигателя] И [ошибка датчика положения двигателя] И [превышено время ожидания ответа со стороны контроллера двигателя] И [контроллер двигателя не инициализирован] И [вода в двигателе] И [перегрев двигателя].

- 2) множество вариантов КДП (включающих признаки проявления *отклонения от нормы* для рассматриваемой категории объектов или при проводимом методе диагностики) для диагноза Δ_i ;
- 3) факторы, которые вызывают появление диагноза или варианты возникновения внутреннего процесса, связанные со значениями некоторого события (или с их последовательностью)

Пример 1. При диагнозе «пневмококковый конъюнктивит» его «возможные причины»: через 1-2 суток после начала предшествующего заболевания, такого как грипп; через 1-2 суток после загрязняющего воздействия окружающей среды, такого как: «попадание в глаз пыли», «купание в непроточном водоеме».

Пример 2. При диагнозе «Перегрев двигателя АПР» причиной возникновения может быть длительная работа двигателя на больших токах.

- 4) множество признаков с их значениями и изменяющие их события, которые характерны для каждого диагноза, или варианты развития внутреннего процесса, изменённого воздействием события, связывающие диагноз и событие с некоторым значением признака.

Пример 1. Острый аппендицит, перфоративная язва: обезболивающие таблетки приводят к временному устранению боли (что искажает клиническую картину).

Пример 2. Перегрузка двигателя АПР может быть вызвана пограничными режимами движения, характеризующимися повышенной нагрузкой на винт либо заклиниванием вала двигателя вследствие того, что попала рыба, намоталась рыболовная сеть или трава.

- 5) варианты развития внутреннего процесса при воздействии события (варианты реакции на воздействие события), связывающие значение некоторого события с некоторым значением или изменением значения признака.

Например, для АНПА перегрузка двигателя, вызванная заклиниванием вала двигателя, может быть устранена при вращении двигателя в обратную сторону [16].

Могут существовать варианты развития процесса, изменённого воздействием события, не только учитывающие *признаки* и *диагноз*, но и связывающие: (признак, диагноз, событие, временной интервал начала такого воздействия, результирующее значение признака) или (признак, исходное значение признака, событие, временной интервал начала такого воздействия, результирующее значение признака).

Каждый из вариантов 1) - 5) может содержать и связи со значениями воздействующих факторов или индивидуальных характеристик.

- 6) связи между диагнозом и «совокупным признаком» (синдромом или патологическим состоянием – в медицине), элементом которого может быть и событие [17, 19]. Иногда для элементов в этой совокупности требуется соблюдение частичного порядка: порядок появления признаков у объекта диагностики, чтобы событие предшествовало внешнему признаку, в том числе с указанным интервалом [17, 18].

Например, диарея: время принятия внутрь «подозрительной еды» равняется 3 ± 3 ч до времени начала диареи [19, 20]; *стафилококковый конъюнктивит:* через 1-2 суток после начала предшествующего заболевания: грипп; ... через 2-4 суток после контакта с больным конъюнктивитом, с предметами общего пользования больного [18].

- 7) обобщение (классификация) диагнозов, так что у классов диагнозов указываются общие признаки.

Например, для множества болезней гепатобилиарной системы и ряда гематологических расстройств определён общий признак «желтушность»; подкатегориями заболеваний гепатобилиарной системы являются заболевания гепатоцеллюлярной системы, печёчно-сосудистые, желчных протоков и т.д. Для заболевания гепатоцеллюлярной системы и гематологической подгруппы на уровне «анемии» определён общий признак «бледность» [20]. В комплекс диагностических признаков для группы заболеваний «болезни желчного пузыря, желчевыводящих путей и поджелудочной железы» входят характерные признаки: боль в животе, тошнота, - а в КДП для подгруппы холециститов дополнительно входят повышение температуры тела, напряжение мышц передней брюшной стенки, лейкоциты (клинический анализ крови) [21].

Таким образом, онтология проблемной области включает следующие типы отношений (утверждений):

- результаты наблюдения признака, характеризующие проявление диагноза - ⟨диагноз, имя признака, значения по периодам развития⟩;
- значения по периодам развития - последовательность пар <значение, период >;
- описание важных факторов - ⟨диагноз, название характеристики, значение⟩, ⟨диагноз, название фактора, интервал времени⟩, ⟨диагноз, название события, момент совершения⟩;
- для возможных значений признака могут быть описаны изменения значения этого признака под воздействием некоторых событий (внешних воздействий на объект) на разных этапах процесса - ⟨диагноз, имя признака, (имя характеристики), период развития, название события, момент совершения, значение⟩;
- для формирования альтернативных КДП с разными подходами к выявлению достоверных проявлений (признаков) диагноза каждый диагноз связан с некоторым набором КДП) - ⟨диагноз, КДП⟩, а результаты наблюдения будут соответственно связаны с ними - ⟨[диагноз,] КДП, имя признака, значения по периодам развития⟩, в том числе составные признаки (содержащие множество своих характеристик и множество вариантов значения каждой характеристики) - ⟨[диагноз,] КДП, имя признака, имя характеристики, значение характеристики по периодам развития⟩;
- в каждом периоде своей динамики признак может иметь несколько вариантов значений - ⟨значения по периодам развития, {номер периода, диапазон значений}⟩;
- значения признаков и характеристик описываются в форматах числовых и символьных элементов, для них предусмотрено также указание элемента «модальность» со значениями: возможно, характерно, необходимо;
- для учёта вариантов динамики значений признаков и многообразия вариантов течения процессов каждый период динамики задаётся верхней и нижней границами длительности периода, единицей измерения границ.

3 Варианты применения онтологии «Диагностика процессов»

На рисунке 2 представлен фрагмент онтологии «Диагностика процессов» средствами платформы IASPaas [22]. Характерными вариантами применения этой онтологии являются:

- 1) получение конкретных онтологий диагностики в различных ПрО (например, медицинской диагностики), когда создаётся копия онтологии проблемной области и вводятся некоторые уточнения, характерные для ПрО;
- 2) создание БЗ на основе исходной или уточнённой онтологии проблемной области;
- 3) создание решателя – компонента сервиса, который будет предлагать гипотезы о *диагнозах-отклонениях* на основе *динамики развития признаков*.

Рисунок 2 – Фрагмент онтологии диагностики процессов

В первом варианте среда разработки на платформе предоставляет возможность получения копии онтологии для добавления в неё особенностей в виде дополнительных элементов (терминов) и структурных связей этих элементов с уже зафиксированными диагностическими терминами.

Во втором варианте среда разработки на платформе предоставляет штатный редактор для формирования знаний, структура которых соответствует каждому из типов, приведённых в разделе 2. Эксперт вносит известные ему закономерности и факты в БЗ с помощью редактора.

В третьем варианте среда разработки предоставляет инструменты для построения решателя, выдвигающего гипотезы на основе (онтологической) БЗ [23]. К числу этих инструментов относятся:

- редактор структуры представления результата и объяснения поиска гипотез;
- среда кодирования и отладки программных единиц для решателя с библиотеками методов доступа и обработки онтолого-ориентированных знаний, данных и результатов;
- средство поиска и выбора готовых программных единиц для решателя;
- средство интеграции программных единиц и формирования решателя.

Заключение

В работе представлена онтология проблемной области «Диагностика процессов», позволяющая описывать процессы, происходящие в объектах диагностики различных ПрО. Обычно описываются процессы отклонений от нормального функционирования объекта (заболевания, поломки, неисправности), однако возможны описания процессов при нормальном или эталонном функционировании объекта диагностики.

Особенностью онтологии является возможность описать диагностику одного и того же процесса различными методами, учесть динамику одного или нескольких признаков, объединить процессы в классы с выделением характерных для класса отклонений признаков, описать возможные варианты уточнения одного отклонения. Важным компонентом онтологии является задание нечётких шкал, характеризующих либо значения признака или его характеристики (для составных признаков), либо меру доверия и выраженности признака.

Универсальная онтология проблемной области позволяет снизить трудоёмкость создания онтологии для конкретной ПрО либо её раздела; при использовании разработанной проблемной онтологии требуется лишь уточнить некоторые её термины, характерные для ПрО. Решатель, ориентированный на данную онтологию, позволит существенно сократить время создания ЭС диагностики или СППР с интерпретируемым обоснованием полученных решений.

Онтология реализована на платформе IACPaas и доступна по запросу всем заинтересованным пользователям. Наличие на платформе редактора онтологии и автоматическая генерация редактора БЗ обеспечивает процесс создания онтологии и БЗ на её основе инженерам знаний и экспертам ПрО.

Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 18-07-01079 и 18-29-03131) и ДВО РАН (проект № 18-МНТ-009).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] **Гаврилова, Т.А.** Инженерия знаний. Модели и методы / Т.А. Гаврилова, Д.В. Кудрявцев, Д.И. Муромцев. - Санкт-Петербург: Издательство «Лань», - 2018. - 324 с.
- [2] **Tudorache, T.** WebProtégé: A Collaborative Ontology Editor and Knowledge Acquisition Tool for the Web / T. Tudorache, C. Nyulas, N.F. Noy, M.A. Musen // Semantic Web Journal. - 2013. – Vol. 4, No 1. - P.89-99.
- [3] **Боргест, Н.М.** Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщения / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. - 2013. - № 3 (9). - С.9-31.
- [4] **Chandrasekaran, B.** Ontology of Tasks and Methods / B. Chandrasekaran, J.R. Josephson, V.R. Benjamins // In Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management, KAW'98 (18-23 April 1998. Banff, Alberta, Canada).
- [5] **Chandrasekaran, B.** Generic tasks in knowledge-based reasoning High-level building blocks for expert system design // IEEE Expert. - 1986. - 1 (1). - P.23-30.
- [6] **Patil, R.S.** Modelling Knowledge of the Patient in Aced-base and Electrolyte Disorders / R.S. Patil, P. Szolovits, W.B. Schwartz // In P. Szolovits (Ed.) Artificial Intelligence in Medicine. - Boulder, CO: Westview Press, 1982. - P.191-226.
- [7] **Long, W.** Temporal Reasoning for Diagnosis in a Causal Probabilistic Knowledge Base / W. Long // In P. Szolovits (Ed.) Artificial Intelligence in Medicine. - 1996. - 8(3). - P.193–215.
- [8] **Еремеев, А.П.** Расширение возможностей моделирования временных зависимостей в интеллектуальных системах на основе применения темпоральных прецедентов / А.П. Еремеев, И.Е. Куриленко // В кн.: Интеллектуальные системы. Выпуск 6. / Под. ред. В.М. Курейчика. – М.: Физматлит, 2013. - С.89-118.
- [9] **Жмудяк, А.Л.** Интеллектуальная система дифференциальной диагностики и её использование для диагностики заболеваний печени / А.Л. Жмудяк, А.Н. Повалихин // Ползуновский альманах. – 2007.- №3. - С.176-178.
- [10] **Жмудяк, М.Л.** Автоматизированная система медицинской диагностики заболеваний с учетом их динамики / М.Л. Жмудяк, А.Н. Повалихин, А.В. Стребуков, А.Л. Жмудяк, Г.Г. Устинов // Ползуновский вестник. – 2006. - №1. - С.95-106.
- [11] **Russ, Th.A.** Reasoning with Time Dependent Data / Th.A. Russ / Massachusetts Institute of Technology, Laboratory for Computer Science technical report MIT/LCS/TR-545, August 1991.
- [12] **Бледжянц, Г.А.** Ключевые технологии формирования искусственного интеллекта в медицине / Г.А. Бледжянц, М.А. Саркисян, Ю.А. Исакова, Н.А. Туманов, А.Н. Попов, Н.Ш. Бегмуродова // Ремедиум. – 2015. – №12. – С.10-15.
- [13] **Вдовина, Е.П.** Медицинские экспертные системы // Электронный журнал портала ILab, 9 июня 2013. - <http://ilab.xmedtest.net/?q=node/5558>.
- [14] Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes. Proceedings of the U.S.–Japan Seminar on Fuzzy Sets and Their Applications (Berkeley, California, July 1-4, 1974). Eds.: L.A. Zadeh, K.S. Fu, K. Tanaka - Academic Press, 1975. - 506 p.
- [15] **Кобринский, Б.А.** Триединство факторов уверенности в задачах медицинской диагностики / Б.А. Кобринский // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2018. - №2. - С.62-72.
- [16] **Inzartsev, A.** Application of Artificial Intelligence Techniques for Fault Diagnostics of Autonomous Underwater Vehicles / A. Inzartsev, A. Pavin, A. Kleshev, V. Gribova, G. Eliseenko // Proc. of the OCEANS 2016 MTS/IEEE Conference & Exhibition (September 19-23, 2016, Monterey, California, USA). ISBN DVD: 978-1-5090-1538-2.
- [17] **Клещев, А.С.** Модель онтологии предметной области «Медицинская диагностика». Часть 1. Неформальное описание и определение базовых терминов / А.С. Клещев, М.Ю. Черняховская, Ф.М. Москаленко // Журнал НТИ. Серия 2. - 2005. - №12. - С.1-7.
- [18] **Черняховская, М.Ю.** Формальное представление знаний о конъюнктивитах. 2-е изд., исправленное и дополненное / М.Ю. Черняховская, Ф.М. Москаленко, В.Я. Мельников, В.И. Негода, Л.П. Догадова // Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2009. – 56 с.
- [19] **Denekamp, Y.** TiMeDDx — A multi-phase anchor-based diagnostic decision-support model / Y. Denekamp, M. Peleg // Journal of Biomedical Informatics. - 2010. - Vol. 43. - P.111–124.
- [20] **Pople, H.E.** Heuristic Methods for Imposing Structure on Ill-Structured Problems: The Structuring of Medical Diagnostics / H.E. Pople, Jr. // In P. Szolovits (Ed.) Artificial Intelligence in Medicine. - Boulder, CO: Westview Press, 1982. - P.119–185.
- [21] **Петряева, М.В.** Медицинские ресурсы IACPaas для дифференциальной диагностики заболеваний желчного пузыря / М.В. Петряева, А.Я. Лифшиц, Е.А. Шалфеева // Информатика и системы управления. - 2018. - №3(57). - С.81-92.

- [22] **Gribova, V.** The IACPaaS Cloud Platform: Features and Perspectives / V. Gribova, A. Kleshev, Ph. Moskalenko, V. Timchenko, L. Fedorischev, E. Shalfeeva // Second Russia and Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC) (Vladivostok, Russia, 25-29 sept. 2017). IEEE. - 2017. - P.80-84.
- [23] **Клещёв, А.С.** Метод решения задачи запроса дополнительной информации / А.С. Клещёв, В.В. Грибова, Е.А. Шалфеева // Онтология проектирования. – 2017. – Т. 7, №3(25). - С.310-322. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-310-322.
-

THE ONTOLOGY OF PROCESSES DIAGNOSIS

V.V. Gribova¹, E.A. Shalfeeva²

Institute for Automation & Control Processes of the FEB RAS, Vladivostok, Russia

¹ gribova@iacp.dvo.ru, ² shalf@dvo.ru

Abstract

The paper represents the ontology of diagnosis of processes with dynamics of symptoms. The ontology allows formalizing any anomalies as a continuously developing internal processes that are not inherent in a normally functioning system. The need to develop such unified ontology is dictated by need of decrease in labor input of creation of ontology of diagnostics for concrete subject domain. For its receiving it will only be required to specify some of its concepts and relations which are a feature of subject domain. The paper can be useful for developers of diagnostic systems and for specialists in area of theory and practical application of ontologies.

Key words: domain ontology, problem domain ontology, diagnosis, symptom, hypothesis, process.

Citation: Gribova VV, Shalfeeva EA. The ontology of processes diagnosis [In Russian]. *Ontology of designing*. 2019; 9(4): 449-461. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-4-449-461.

Acknowledgments

This work was partially supported by the Russian Foundation for Basic Research (projects No. 18-07-01079 and 18-29-03131) and the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (project No. 18-MNT-009).

References

- [1] **Gavrilova TA, Kudrjavcev DV, Muromcev DI.** Engineering of knowledge. Models and methods: textbook [In Russian]. - Publishing house "Lan"; 2018.
- [2] **Tudorache T, Nyulas C, Noy NF, Musen MA.** WebProtégé: A Collaborative Ontology Editor and Knowledge Acquisition Tool for the Web. *Semantic Web Journal* 2013; 4(1): 89-99.
- [3] **Borgest NM.** Keywords of ontology of designing: review, analysis, generalization [In Russian]. *Ontology of Designing* 2013; 3(9): 9-31.
- [4] **Chandrasekaran B, Josephson JR, Benjamins VR.** Ontology of Tasks and Methods. In Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management, KAW'98 (18-23 April 1998. Banff, Alberta, Canada).
- [5] **Chandrasekaran B.** Generic tasks in knowledge-based reasoning High-level building blocks for expert system design. *IEEE Expert* 1986; 1(1): 23-30.
- [6] **Patil RS, Szolovits P, Schwartz WB.** Modelling Knowledge of the Patient in Aced-base and Electrolyte Disorders. In P. Szolovits (Ed.) *Artificial Intelligence in Medicine*. - Boulder, CO: Westview Press; 1982: 191-226.
- [7] **Long W.** Temporal Reasoning for Diagnosis in a Causal Probabilistic Knowledge Base. In P. Szolovits (Ed) *Artificial Intelligence in Medicine* 1996; 8(3): 193–215.
- [8] **Eremeev AP, Kurilenko IE.** Expansion of opportunities of modeling of temporary dependences in intellectual systems on the basis of temporal precedents [In Russian]. In: Kurejchik VM (Ed) *Intelligent systems*. Issue 6. – Moscow: Fizmatlit; 2013.
- [9] **Zhmudjak AL, Povalihin AN.** The intellectual system of differential diagnostics and its use for liver diseases diagnosis [In Russian]. *Polzunovsky Almanac* 2007; 3: 176-178.

- [10] **Zhmudiyak MN, Povalihin AN, Strebukov AV, Zhmudjak AL, Ustinov GG.** The automated system of medical diagnosis of diseases taking into account their dynamics [In Russian]. Polzunovsky Bulletin 2006; 1: 95-106.
- [11] **Russ ThA.** Reasoning with Time Dependent Data. Massachusetts Institute of Technology, Laboratory for Computer Science technical report MIT/LCS/TR-545, August 1991.
- [12] **Bledzhjanc GA, Sarkisjan MA, Isakova JuA, Tumanov NA, Popov AN, Begmurodova NSh.** Key technologies of formation of artificial intelligence in medicine [In Russian]. Remedium. 2015; 12: 10-15.
- [13] **Vdovina E.P.** Medical expert systems [In Russian]. Portal Electronic Journal iLab, 2013. - URL: <http://ilab.xmedtest.net/?q=node/5558>.
- [14] Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes. Proceedings of the U.S.–Japan Seminar on Fuzzy Sets and Their Applications (Berkeley, California, July 1-4, 1974). Eds.: L.A. Zadeh, K.S. Fu, K. Tanaka. - Academic Press; 1975.
- [15] **Kobriniski B.A.** Trinity of confidence factors in problems of medical diagnostics [In Russian]. Artificial Intelligence and Decision Making 2018; 2: 62-72.
- [16] **Inzartsev A, Pavin A, Kleshev A, Gribova V, Eliseenko G.** Application of Artificial Intelligence Techniques for Fault Diagnostics of Autonomous Underwater Vehicles. Proc. of the OCEANS 2016 MTS/IEEE Conference & Exhibition, (September 19-23, 2016, Monterey, California, USA), ISBN DVD: 978-1-5090-1538-2.
- [17] **Kleshchev AS, Chernyakhovskaya MYu, Moskalenko FM.** Model of ontology of “Medical diagnostics” domain. Part 1. Informal description and definition of basic terms [In Russian]. NTI. A Series 2 2005; 12: 1-7.
- [18] **Chernjahovskaja MYu, Moskalenko FM, Mel'nikov VYa, Negoda VI, Dogadova LP.** Formal representation of knowledge of conjunctivitis [In Russian]. - Vladivostok: IAPU DVO RAN; 2009.
- [19] **Denekamp Y, Peleg M.** TiMeDDx — A multi-phase anchor-based diagnostic decision-support model. Journal of Biomedical Informatics 2010; 43: 111–124.
- [20] **Pople HE.** Heuristic Methods for Imposing Structure on Ill-Structured Problems: The Structuring of Medical Diagnostics. In P. Szolovits (Ed.) Artificial Intelligence in Medicine. Boulder, CO: Westview Press; 1982: 119–185.
- [21] **Petrjaeva MV, Lifshic AY, Shalfeeva EA.** The medical IACPaaS resources for differential diagnosis of diseases of a gall bladder [In Russian]. Informatics and control systems 2018; 3(57): 81-92.
- [22] **Gribova V, Kleshev A, Moskalenko Ph, Timchenko V, Fedorischev L, Shalfeeva E.** The IACPaaS Cloud Platform: Features and Perspectives // Second Russia and Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC) (Vladivostok, Russia, 25-29 sept. 2017). IEEE; 2017: 80-84.
- [23] **Kleshchev AS, Gribova VV, Shalfeeva EA.** The method of solution of the problem of additional information request [In Russian]. Ontology of designing 2017; 7(3): 310-322. - DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-310-322.

Сведения об авторах

Грибова Валерия Викторовна, 1965 г. рождения. Окончила Ленинградский политехнический институт (1989), д.т.н. (2007). Заведующая лабораторией интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН, заместитель директора по научной работе, вице-президент Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 200 работ в области искусственного интеллекта, проблемно-ориентированных систем, основанных на знаниях.

Valeriya Victorovna Gribova (b. 1965) graduated from the Leningrad Polytechnic University in 1989, Professor's degree (2007). She is a Head of lab. of intelligent systems in the Institute for Automation & Control Processes of the FEB RAS, a Vice-President of Russian Association of Artificial Intelligence. She is the co-author of more than 200 publications in the fields of AI, informatics, program technologies and systems.

Шалфеева Елена Арефьевна, 1967 г. рождения. Окончила математический факультет Дальневосточного государственного университета (1989), к.т.н. (2000). Старший научный сотрудник лаборатории Интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН, доцент по специальности. В списке научных трудов более 80 работ в области разработки систем искусственного интеллекта.

Elena Arefyevna Shalfeeva (b. 1967) graduated from the Far Eastern State University (Vladivostok) in 1989, PhD (2000). She is Senior Researcher at lab. of intelligent systems in the Institute for Automation & Control Processes of the FEB RAS, lecture. She is the co-author of more than 80 publications in the fields of program models and systems and AI.