

НАУЧНО • ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Серия 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Издается с 1961 г.

№ 12

Москва 2005

ИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

УДК 025.4:616

А. С. Клещев, Ф. М. Москаленко, М. Ю. Черняховская

Модель онтологии предметной области “Медицинская диагностика”. Часть 1. Неформальное описание и определение базовых терминов.

Дается формальное описание онтологии предметной области “Медицинская диагностика” при помощи языка прикладной логики. Работа включает неформальное описание онтологии, а также часть её модели с определениями основных терминов знаний и ситуаций и ограничений их целостности в виде онтологических соглашений. Работа может быть полезна разработчикам экспертных систем медицинской диагностики и специалистам по теории и практическому применению онтологий.

ВВЕДЕНИЕ

Любая экспертная и иная информационная система основана на некоторой концептуализации предметной области, явное представление которой в научной литературе обычно называют онтологией [1]. Публикация онтологий предметных областей и их моделей, представляющих концептуализации, близкие к используемым в науке, образовании и практической деятельности, представляет самостоятельный интерес по трем причинам. Во-первых, такие публикации расширяют наши

представления об устройстве сложных онтологий. Во-вторых, они показывают, в каком направлении должны развиваться средства представления моделей сложных онтологий. В-третьих, опубликованные онтологии или их упрощения могут использоваться при разработке экспертных и других программных систем в этих областях; при этом отпадает необходимость повторно проводить сложный анализ предметной области в каждом новом проекте.

Это в полной мере относится и к экспертным системам медицинской диагностики. Онтологии, ле-

жащие в основе некоторых экспертных систем медицинской диагностики, описаны достаточно подробно [2], иногда формально [3], но чаще из публикаций по экспертным системам достаточно трудно извлечь лежащую в их основе онтологию [4, 5]. Онтологии, лежащие в основе большинства известных экспертных систем медицинской диагностики, являются существенно упрощенными по сравнению с реальными концептуализациями этой области. Обычно в них не рассматриваются развитие патологических процессов во времени и взаимодействия различных типов причинно-следственных отношений, а также возможность сочетанной и осложненной патологий.

Изучение реальных онтологий медицинской диагностики (различающихся в деталях в медицине разных стран, как справедливо отмечается в [1]) началось еще в работах [6, 7]. В работе [7] для формального представления структур, входящих в онтологию, был предложен метод графического изображения фреймов, восходящий к [8], а в [3] был введен аппарат для формального описания онтологий. В настоящее время разработаны средства описания онтологий как в форме компьютерных [9, 10], так и в форме математических языков [11]. Библиотека упрощенных онтологий медицинской диагностики, представленных на языке Ontolingua [9], приведена в [12]. Развитие средств описания онтологий привело к публикации формальной модели онтологии медицинской диагностики, приближенной к реальным представлениям в области медицины [13]. Эта онтология объединяла концептуальные представления, изложенные в [7, 14]. Для ее описания использовался математический аппарат систем логических соотношений с параметрами [15] и его содержательная интерпретация [16].

Цель настоящей работы — уточнение и формальное описание онтологии при помощи современного средства описания онтологий — языка прикладной логики [11]. Работа может быть полезна также разработчикам экспертных систем медицинской диагностики, а также специалистам по теории и практическому применению онтологий¹.

1. НЕФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ОНТОЛОГИИ

В данной работе объектом моделирования является онтология медицинской диагностики, т. е. те концептуальные представления о процессах в организме пациента и окружающей его среде, которые существенны при решении задачи медицинской диагностики. Эти представления базируются на результатах работ [7, 13, 14].

Действительность в этой предметной области представляет собой множество ситуаций [16, 17], каждая из которых содержит информацию об организме некоторого пациента на некотором временном отрезке, начавшемся в самый ранний момент, к которому относится информация о ситуации. Относительно его начала идёт отсчёт моментов времени

в часах с использованием шкалы целых неотрицательных чисел.

Процессы, протекающие в организме пациента, можно условно разделить на внешние (наблюдаемые) и внутренние, которые являются предметом диагностики. Наблюдаемые процессы будут называться признаками, а внутренние — заболеваниями. Признаки имеют значения, которые получаются в результате наблюдения этих признаков, причем значения признаков могут меняться с течением времени. Значения признаков являются качественными (скалярными)². Признаки являются подклассом класса наблюдений. Другим подклассом класса наблюдений являются анатомо-физиологические особенности организма пациента. Последние также имеют скалярные значения; в данной работе считается, что эти значения не могут меняться во времени. Последним подклассом наблюдений являются события, произошедшие с пациентом, которые также имеют скалярные значения. События могут происходить в отдельные моменты времени, и соответственно, их значения могут быть разными в различные моменты времени.

В данной работе рассматриваются только острые заболевания, причем пациент может быть здоров или болен одним или несколькими заболеваниями. Каждое заболевание протекает во времени и может последовательно проходить в своем развитии несколько стадий — периодов развития. Под диагнозом будем понимать множество заболеваний, которыми болен пациент в этой ситуации. При этом каждое заболевание, входящее в диагноз, может иметь только одну причину.

Основной тип связей между процессами, протекающими в организме пациента, — причинно-следственные. Они включают осложнения, этиологии, клинические проявления, измененные воздействием событий, реакции на воздействующие события и нормальные реакции. Каждая причинно-следственная связь имеет причину (заболевание и/или событие) и следствие (признак или заболевание). Причинно-следственная связь развивается во времени в соответствии с одним из возможных вариантов развития, определяемым значениями воздействующих факторов (некоторых анатомо-физиологических особенностей) и, возможно, причины.

Осложнение связывает некоторое (первичное) заболевание, входящее в диагноз (причину) с другим (вторичным) заболеванием, входящим в диагноз (следствием), которое возникло как осложнение первичного заболевания через некоторый промежуток времени после его начала. Вариант развития осложнения зависит только от значений воздействующих факторов.

Этиология связывает значение некоторого события (причину-событие) с заболеванием, входящим в диагноз (следствием), которое возникло вследствие этого события через некоторый промежуток времени после того, как это событие произошло. Вариант развития этиологии зависит от значения причины-события и от значений воздействующих факторов.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке программы № 16 Президиума РАН, проект “Теоретические основы интеллектуальных систем, основанных на онтологиях, для интеллектуальной поддержки научных исследований” и программы № 16 ОДММПУ РАН, проект “Синтез интеллектуальных систем управления базами знаний и базами данных”.

² В медицинской диагностике значения признаков (а также событий и анатомо-физиологических особенностей) могут, кроме этого, быть количественными (размерными) и представляться целыми или рациональными числами: в таком случае области их значений представляют собой интервалы. Однако в данной работе с целью сокращения описания рассматриваются только скалярные значения.

Клиническое проявление связывает заболевание, входящее в диагноз (причину) с признаком (следствием). Вариант развития клинического проявления зависит от периода развития заболевания и от значений воздействующих факторов. Значения этого признака могут являться следствием заболевания на интервале времени, соответствующем некоторому периоду развития заболевания. Этот интервал времени, в свою очередь, может делиться на несколько периодов динамики, определяемых вариантом развития клинического проявления.

Клиническое проявление, измененное воздействием события, имеет причину-заболевание, входящее в диагноз, и причину-событие с некоторым значением. Следствием является признак. Вариант развития клинического проявления, измененного воздействием события, зависит от значения причины-события и значений воздействующих факторов. Значения признака являются следствием совместного действия причины и причины-события на некотором интервале времени, который начинается в момент, когда это событие произошло. Этот интервал времени, в свою очередь, может делиться на несколько периодов динамики, определяемых вариантом развития клинического проявления, измененного воздействием события.

Реакция на воздействие события связывает значение некоторого события (причину-событие) с признаком (следствием). Вариант развития реакции на воздействие события зависит от значений причины-события и воздействующих факторов. Значения признака являются следствием причины-события на некотором интервале времени, который начинается в момент, когда событие произошло. Этот интервал времени, в свою очередь, может делиться на несколько периодов динамики, определяемых вариантом развития реакции на воздействие события.

Причина нормальной реакции не идентифицируется, а ее следствием является признак. Вариант развития нормальной реакции зависит только от значений воздействующих факторов. На тех интервалах времени, на которых значение признака не имеет других причин, значение этого признака является следствием нормальной реакции.

Таким образом, события всегда выступают в роли причин (причины-события), признаки – в роли следствий, анатомо-физиологические особенности используются при описании условий на воздействующие факторы и необходимых условий, а заболевания могут быть как причинами, так и следствиями.

Значения признака могут изменяться в результате одновременного действия на него различных причинно-следственных связей: клинических проявлений, клинических проявлений, измененных воздействием событий, реакций на воздействие событий, нормальной реакции. Весь промежуток времени наблюдения каждого признака может быть разделен на такие периоды, в каждом из которых

значения признака являются следствием только одной причинно-следственной связи (из всех возможных). При этом начало интервала времени, на котором действует некоторая причинно-следственная связь, может быть лишь началом такого периода, а конец интервала времени, на котором действует причинно-следственная связь, — лишь концом такого периода. Между различными типами причинно-следственных связей установлен частичный порядок, зависящий от модальностей³ причинно-следственных связей и моментов возникновения причин.

Знания предметной области состоят из знаний обо всех наблюдениях, заболеваниях и причинно-следственных связях. Знания о наблюдении (помимо его названия) включают область его возможных значений (множество значений). Знания о заболевании (помимо его названия) включают описание его периодов развития. Описание периодов развития заболеваний представляет собой последовательность описания периодов. Каждое описание периода содержит интервал возможных длительностей этого периода. Каждое заболевание, входящее в диагноз пациента, протекает в соответствии с описанием периодов его развития, т. е. длительность каждого периода его развития в действительности принадлежит соответствующему этому периоду интервалу, его возможной продолжительности.

Кроме того, все знания о причинно-следственных связях, признаках и заболеваниях могут содержать необходимые условия, выполнение их необходимо для соответствующего наблюдения, заболевания или причинно-следственной связи могли иметь место у пациента. Необходимое условие есть конъюнкция компонент, каждая из которых есть ссылка на некоторую анатомо-физиологическую особенность и подмножество возможных значений этой особенности. Компонента условия считается выполненной, если у пациента наблюдаемое значение этой особенности принадлежит подобласти возможных значений этой компоненты. Если необходимое условие отсутствует в описании понятия, оно считается всегда выполненным.

Описание знаний о любой причинно-следственной связи включает описание причинной закономерности — дизъюнкции вариантов. Если причинно-следственная связь имеет место в действительности, то один из этих вариантов выполнен (в соответствии с ним и развивается причинно-следственная связь). Описание варианта в общем случае представляет собой импликацию, посылка которой может содержать условие на причину, условие на воздействующие факторы⁴, а заключение может содержать либо интервал возможных длительностей промежутков времени между моментом, когда имела место причина, и началом заболевания (следствия), либо последовательность описаний периодов динамики⁵.

³ Модальность может принимать одно из двух значений — “необходимость” или “возможность”. Модальность “необходимость” означает, что если у больного имеет место причина (и/или причина-событие), то необходимо имеет место и причинно-следственная связь. Модальность “возможность” означает, что причина (и/или причина-событие) не обязательно приводит к возникновению причинно-следственной связи.

⁴ Условие на воздействующие факторы имеет такую же структуру, как и необходимое условие. Условие на воздействующие факторы выполнено, если выполнена каждая его компонента (если условие отсутствует, то оно считается всегда выполненным).

⁵ Описание периода динамики содержит интервал возможных длительностей этого периода и множество значений признака (следствия), возможных в этом периоде.

Описание осложнения включает ссылки на причину (первичное заболевание), следствие (вторичное заболевание), воздействующие факторы (анатомо-физиологические особенности), описание модальности и описание причинной закономерности. Вариант причинной закономерности в случае осложнения представляет собой импликацию, посылка которой может содержать условие на воздействующие факторы, а заключение содержит интервал возможных длительностей промежутков времени между началом первичного и началом вторичного заболеваний. Посылка импликации выполнена, если выполнено условие на воздействующие факторы. Заключение импликации выполнено, если разница между моментами времени, когда начались первичное и вторичное заболевания, принадлежит интервалу возможных длительностей этого промежутка времени.

Описание этиологии включает ссылку на причину-событие, следствие (заболевание), воздействующие факторы, описание модальности и описание причинной закономерности. Вариант представляет собой импликацию, посылка которой содержит условие на причину-событие и может содержать условие на воздействующие факторы, а заключение содержит интервал возможных длительностей промежутков времени между моментом, когда имела место причина, и началом заболевания (следствия). Условие на причину-событие есть подмножество области возможных значений события. Условие на причину-событие выполнено, если значение причины-события входит в это подмножество. Посылка импликации выполнена, если выполнены и условие на причину-событие, и условие на воздействующие факторы. Заключение импликации выполнено, если разница между моментами времени, когда произошло событие-причина и когда началось заболевание, принадлежит интервалу возможных длительностей этого промежутка времени.

Описание клинического проявления включает ссылки на причину (заболевание), следствие (признак), воздействующие факторы, описание модальности и описание причинной закономерности для каждого периода развития заболевания. Вариант причинной закономерности в этом случае представляет собой импликацию, посылка которой может содержать условие на воздействующие факторы, а заключение содержит последовательность описаний периодов динамики. Посылка импликации выполнена, если выполнено условие на воздействующие факторы. Заключение импликации выполнено, если существует такое разбиение временного интервала периода развития заболевания на периоды динамики, что длительность каждого периода динамики принадлежит интервалу возможных длительностей этого периода, а значения признака, наблюдаемые в моменты времени из этого периода, принадлежат множеству значений, возможных в этом периоде.

Описание клинического проявления, измененного воздействием события, включает ссылки на причину-событие, причину (заболевание), следствие (признак), воздействующие факторы, описание модальности, а также описание причинной закономерности. Вариант причинной закономерности в этом

случае есть импликация, посылка которой содержит условие на причину-событие и может содержать условие на воздействующие факторы, а заключение содержит последовательность описаний периодов динамики. Посылка импликации выполнена, если выполнены и условие на причину-событие, и условие на воздействующие факторы. Заключение импликации выполнено, если существует такое разбиение временного интервала, начавшегося в момент, когда произошло событие и когда протекало заболевание, на периоды динамики, что длительность каждого периода динамики принадлежит интервалу возможных длительностей этого периода, а значения признака, наблюдаемые в моменты времени из этого периода, принадлежат множеству значений, возможных в этом периоде.

Описание реакции на воздействие события включает ссылку на причину-событие, на следствие (признак), ссылки на воздействующие факторы, описание модальности, а также описание причинной закономерности. Вариант причинной закономерности в этом случае есть импликация, посылка которой содержит условие на причину-событие и может содержать условие на воздействующие факторы, а заключение содержит последовательность описаний периодов динамики. Посылка импликации выполнена, если выполнены и условие на причину-событие, и условие на воздействующие факторы. Заключение импликации выполнено, если существует такое разбиение некоторого временного интервала, начавшегося в момент, когда произошло событие, на периоды динамики, что длительность каждого периода динамики принадлежит интервалу возможных длительностей этого периода, а значения признака, наблюдаемые в моменты времени из этого периода, принадлежат множеству значений, возможных в этом периоде.

Описание нормальной реакции состоит из ссылок на следствие (признак), воздействующие факторы, а также описания причинной закономерности. Вариант причинной закономерности в этом случае есть импликация, посылка которой может содержать условия на воздействующие факторы, а заключение содержит множество нормальных значений признака (следствия). Посылка импликации выполнена, если выполнено условие на воздействующие факторы. Заключение импликации выполнено, если все значения признака, наблюдаемые в моменты времени на интервале, когда действует нормальная реакция, принадлежат множеству нормальных значений.

2. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ РАСШИРЕНИЯ ЯЗЫКА ПРИКЛАДНОЙ ЛОГИКИ И ПРИКЛАДНЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ТЕОРИИ

В работе модель онтологии медицинской диагностики представляется на языке прикладной логики с использованием описанных в работе [11] расширений. Кроме того, ниже вводится ещё одно специализированное расширение языка "Категории". Здесь же приводится модернизированный вариант прикладной логической теории "Определение разбиений", исходный вариант которой был дан в [11].

2.1. Расширение “Категории”

2.1.1. Термом специализированного расширения “Категории” является $(s_1 \rightarrow t_1, s_2 \rightarrow t_2, \dots, s_m \rightarrow t_m)$, где s_1, s_2, \dots, s_m — имена, а t_1, t_2, \dots, t_m — термы, значениями которых являются множества. Значением термина является множество структурных значений, являющееся областью определения всех возможных отображений с именами s_1, s_2, \dots, s_m , областями значений которых являются значения термов t_1, t_2, \dots, t_m соответственно.

2.1.2. Отображения с именами s_1, s_2, \dots, s_m будем называть *атрибутами*, а значения этих отображений для конкретного структурного значения — *значениями атрибутов* этого структурного значения.

2.1.3. Если x есть структурное значение, принадлежащее значению термина $(s_1 \rightarrow t_1, \dots, s_i \rightarrow t_i, \dots, s_m \rightarrow t_m)$, то любое s_i , которое входит в термы t_1, \dots, t_m , считается термом, значение которого совпадает со значением термина $s_i(x)$.

2.2. Прикладная логическая теория “Определение разбиений”

Прикладная логическая теория *Определение разбиений* (*ST*, *Интервалы*, *Математические кванторы*) содержит только описания значений имен:

2.2.1. Термин *разбиения* обозначает множество всех возможных разбиений множества целых неотрицательных чисел; каждое разбиение представляет собой конечную строго возрастающую последовательность.

разбиения $\equiv (\cup(\text{длина: } I[0, \infty))\{(\text{последовательность: } I \uparrow (\text{длина}+1))$
($\&$ (элемент: $I[1, \text{длина}]$)
 π (элемент, последовательность) $<$ π (элемент+1, последовательность))

2.2.2. Термин *element* обозначает функцию, аргументами которой являются некоторое разбиение и целое число в диапазоне от 0 до числа элементов в этом разбиении, а результатом — элемент этого разбиения, номер которого равен второму аргументу.

element $\equiv \lambda(\text{разбиение: разбиения})(\text{элемент: } I[0, \text{length}(\text{разбиение})-1])$
 π (элемент+1, разбиение)

2.2.3. Термин *interval* обозначает функцию, аргументами которой являются некоторое разбиение и натуральное число, не превосходящее число элементов в этом разбиении, а результатом — интервал целых неотрицательных чисел между элементом этого разбиения с номером, равным второму аргументу, и элементом с предыдущим номером.

interval $\equiv (\lambda(\text{разбиение: разбиения})(\text{элемент: } I[1, \text{length}(\text{разбиение})-1])$

$I[\text{element}(\text{разбиение}, \text{элемент}-1), \text{element}(\text{разбиение}, \text{элемент})]$

3. БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ И ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ СОГЛАШЕНИЯ, ОПИСЫВАЮЩИЕ ЗНАНИЯ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

В настоящем разделе описываются все классы наблюдений и заболевания, а также связанные с ними понятия из областей знаний и действительности.

3.1. Базовые понятия и онтологические соглашения, описывающие знания предметной области (параметры модели онтологии)

В настоящем разделе вводятся базовые термины, используемые для описания знаний предметной области, а также ограничения на их значения (не зависящие от значений терминов для описания действительности).

3.1.1 Термин *признаки* обозначает класс понятий, соответствующих наблюдаемым процессам, значения которых в действительности определяются одной из четырёх возможных причинно-следственных связей. В знаниях должен быть описан хотя бы один признак.

сорт *признаки*: $\{ \}N \setminus \{ \emptyset \}$

3.1.2. Термин *события* обозначает класс понятий, соответствующих событиям, которые могут происходить с пациентами и которые должны учитываться при постановке диагноза.

сорт *события*: $\{ \}N$

3.1.3. Термин *особенности* обозначает класс понятий, соответствующих анатомо-физиологическим особенностям пациентов, которые должны учитываться при постановке диагноза.

сорт *особенности*: $\{ \}N$

3.1.4. Названия всех признаков, событий и особенностей различны.

признаки \cap *события* = $\emptyset \&$

$\&$ *особенности* \cap *события* = $\emptyset \&$

$\&$ *признаки* \cap *особенности* = \emptyset

3.1.5. Термин *наблюдения* обозначает множество всех признаков, событий и особенностей.

наблюдения \equiv *признаки* \cup *события* \cup *особенности*

3.1.6. Термин *множества значений* обозначает множество всех допустимых множеств скалярных значений.

множества значений $\equiv \{ \}N \setminus \{ \emptyset \}$

3.1.7. Значения не совпадают с названиями наблюдений.

наблюдения \cap (\cup (множество : *множества значений*) множество) = \emptyset

3.1.8. Термин *возможные значения* обозначает функцию, которая наблюдениям сопоставляет их возможные значения.

сорт *возможные значения* : *наблюдения* \rightarrow *множества значений*

3.1.9. У каждого наблюдения не менее двух возможных значений.

(наблюдение : *наблюдения*) μ (*возможные значения* (наблюдение)) ≥ 2

3.1.10. Термин *условия* обозначает множество всех возможных условий. Это множество множеств, состоящих из элементов — структурных значений. Каждое условие есть конечное множество структурных значений. Каждое структурное значение имеет атрибуты *особенность* и *область значений*. Значением первого является имя особенности, а второго — собственное подмножество возможных значений этой особенности. Пустое множество представляет тождественно истинное условие.

условия $\equiv \{ \} \{ (\text{условие : } (\text{особенность} \rightarrow \text{особенности},$
область значений \rightarrow *множества значений*))
область значений (условие) \subset

С возможные значения (особенность (условие))

3.1.11. Термин *необходимое условие* обозначает функцию, которая каждому признаку сопоставляет условие, необходимое для возможности его наблюдения в ситуации.

сорт *необходимое условие* : *признаки* → *условия*

3.1.12. Термин *заболевания* обозначает класс понятий, соответствующих заболеваниям, описания которых представлены в знаниях. В знаниях должно присутствовать описание хотя бы одного заболевания.

сорт *заболевания* : $\{ \} N \setminus \{ \emptyset \}$

3.1.13. Каждый термин, входящий в класс терминов *заболевания*, обозначает структурное значение с тремя атрибутами: *число периодов развития*, *периоды развития*, *необходимое условие*. Значением первого является натуральное число, второй атрибут является функцией, которая номеру периода развития заболевания сопоставляет *интервал*, значение третьего атрибута — условие, необходимое для существования этого заболевания в ситуации (если значением атрибута является пустое множество, то условие считается истинным).

(заболевание : *заболевания*) сорт *заболевания* :
(*число периодов развития* → $I[1, \infty)$,
периоды развития → ($I[1, \text{число периодов развития}]$ → *интервал*)
необходимое условие → *условия*)

3.1.14. Термин *периоды динамики* — это множество структурных значений с атрибутами *длительность* и *область значений следствия*. Значением первого атрибута является интервал, а второго — множество значений.

периоды динамики \equiv (*длительность* → *интервал*,
область значений следствия → *множества значений*)

3.1.15. Термин *интервал* — это множество элементов структурных значений с атрибутами *нижняя граница* и *верхняя граница*. Их значениями являются натуральные числа — минимальная и максимальная длительности интервала, измеряемые числом часов, причём верхняя граница больше нижней.

интервал \equiv (*нижняя граница* → $I[1, \infty)$,
верхняя граница → $I[\text{нижняя граница} + 1, \infty)$)

3.2. Базовые понятия и онтологические соглашения, описывающие действительность предметной области (неизвестные модели онтологии)

Действительность в медицинской диагностике рассматривается как множество ситуаций, каждая из которых соответствует диагностическому случаю (пациенту). В настоящем разделе вводятся базовые термины, используемые для описания ситуаций, а также ограничения на их значения.

3.2.1. Термин *моменты* обозначает функцию, которая каждому признаку и событию сопоставляет множество целых неотрицательных чисел — моментов времени в ситуации, когда наблюдался этот признак или происходило это событие. Каждое число показывает, через сколько часов после начала

наблюдений произошло это событие или наблюдался этот признак. Если для некоторого признака значение этой функции есть пустое множество, то следовательно, этот признак не наблюдался у пациента; если то же имеет место для некоторого события, то это означает, что это событие не происходило в ситуации.

сорт *моменты* : *признаки* \cup *события* → $\{ \} I[0, \infty)$

3.2.2. Каждый термин, входящий в класс терминов *признаки*, обозначает функцию, которая сопоставляет моментам наблюдения этого признака его значения в эти моменты у пациента, а каждый термин, входящий в класс терминов *события*, обозначает функцию, которая сопоставляет моментам, в которые это событие произошло, значения этого события в эти моменты в ситуации.

(признак или событие: *признаки* \cup *события*) сорт *признак* или *событие*: *моменты* (признак или событие) →

→ *возможные значения* (признак или событие)

3.2.3. Термин *наблюдавшиеся особенности* обозначает подмножество особенностей, наблюдавшихся в ситуации.

сорт *наблюдавшиеся особенности*: $\{ \}$ *особенности*

3.2.4. Каждый термин, входящий в класс терминов *наблюдавшиеся особенности*, обозначает значение, которое эта особенность принимает у пациента.

(особенность: *наблюдавшиеся особенности*) сорт *особенность*:

возможные значения (особенность)

3.2.5. Термин *выполнено* обозначает предикат, аргументом которого является элемент множества *условия* и который истинен тогда и только тогда, когда для каждой составляющей этого элемента, являющейся наблюдаемой особенностью, значение первого атрибута структурного значения (*особенность*) в ситуации принадлежит второму атрибуту (*область значений*). Пустое условие тождественно истинно.

выполнено \equiv (λ (условие: *условия*) *условие* $\neq \emptyset \Rightarrow$

\Rightarrow ($\&$ (составляющая: *условие*) *особенность* (составляющая) \in

\in *наблюдавшиеся особенности* \Rightarrow

$\Rightarrow j$ (*особенность* (составляющая)) \in

\in *область значений* (составляющая)))

3.2.6. Если в ситуации хотя бы один раз наблюдался некоторый признак, то для него должно быть выполнено необходимое условие.

(признак: *признаки*) *моменты* (признак $\neq \emptyset \Rightarrow$

\Rightarrow *выполнено* (*необходимое условие*

(признак))

3.2.7. Термин *диагноз* обозначает множество заболеваний, которыми болен пациент. Если пациент здоров, его диагноз есть пустое множество.

сорт *диагноз*: $\{ \}$ *заболевания*

3.2.8. Если некоторое заболевание входит в диагноз пациента, то для этого заболевания должно быть выполнено необходимое условие.

(заболевание: *диагноз*) *выполнено* (*необходимое условие* (заболевание))

3.2.9. Термин *действительности развитие* обозначает функцию, которая каждому заболеванию, которым болен пациент, сопоставляет разбиение оси времени, каждый интервал которого соответствует некоторому периоду развития этого заболевания, и каждому наблюдавшемуся признаку сопоставляет разбиение оси времени, внутри каждого

интервала которого значения этого признака у пациента определяются одной и той же связанной с этим интервалом причиной значений признака.

сорт *развитие*:

$диагноз \cup \{(\text{признак: } \text{признаки}) \text{ моменты} (\text{признак}) \neq \emptyset\} \rightarrow \text{разбиения}$

3.2.10. Интервал, на котором наблюдается развитие некоторого признака, покрывает все моменты наблюдения этого признака.

$(\text{признак: } \text{признаки}) \text{ моменты} (\text{признак}) \neq \emptyset \Rightarrow$
 $\Rightarrow \text{element} (\text{развитие} (\text{признак}), 0) \leq$
 $\inf (\text{моменты} (\text{признак})) \&$
 $\& \text{element} (\text{развитие} (\text{признак}), \text{length}$
 $(\text{развитие} (\text{признак}))) \geq$
 $\geq \sup (\text{моменты} (\text{признак}))$

3.2.11. Термин *интервалы развития признака* — это множество структурных значений, состоящих из двух атрибутов: *признак* и *номер интервала*. Значением первого атрибута является имя признака, второго — номер интервала его развития.

интервалы развития признака \equiv

$\equiv (\text{признак} \rightarrow \text{признаки},$
 $\text{номер интервала} \rightarrow I[1, \text{length} (\text{развитие}$
 $(\text{признак})) - 1])$

3.2.12. Если заболевание входит в диагноз, то число периодов развития этого заболевания у пациента совпадает с числом периодов его развития в базе знаний, а длительность каждого периода развития лежит между нижней и верхней границами длительности этого периода развития заболевания.

(заболевание: *диагноз*)

$\text{length} (\text{развитие} (\text{заболевание})) = \text{число периодов}$
 $\text{развития} (\text{заболевание}) + 1 \&$

$\& (\& (\text{номер периода развития: } I[1, \text{length} (\text{разви}$
 $\text{тие} (\text{заболевание})) - 1])$

$\text{element}(\text{развитие}(\text{заболевание}), \text{номер периода}$
 $\text{развития}) -$

$- \text{element}(\text{развитие}(\text{заболевание}), \text{номер пе}$
 $\text{риода развития} - 1) \in$

$\in I[\text{нижняя граница}(\text{периоды развития}(\text{заболевание})(\text{номер пери}$

$\text{ода развития}),$
 $\text{верхняя граница}(\text{периоды развития}(\text{заболевание})(\text{номер пери}$

$\text{ода развития}))]$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе представлено неформальное описание онтологии медицинской диагностики острых заболеваний, в которой учитывается взаимодействие причинно-следственных отношений различных типов. Данная онтология близка к реальным представлениям медицины в нашей стране и описывает сочетанную и осложненную патологию, динамику патологических процессов во времени, а также воздействие лечебных мероприятий и других событий на проявления заболеваний. Кроме того, в работе представлена часть модели этой онтологии, которая включает определения терминов модели знаний (параметры), определения терминов модели действительности (неизвестные) и необогатённую систему логических соотношений с параметрами, состоящую из ограничений целостности неизвестных и параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Heijst G. V., Schreiber A. Th., Wielinga B. J. Using explicit ontologies in KBS development // International Journal of Human-Computer Studies.— 1997.— Vol. 46.— P. 183-292.

2. Waiss S. M., Kuiuowski C. A., Amarel S., Safir A. A model-based method for computer-aided medical decision-making // Artificial Intelligence.— 1978.— Vol. 11, № 2.— P. 145-172.

3. Клещев А. С., Самсонов В. В., Черняховская М. Ю. Медицинская экспертная система Консультант-2. Представление знаний/Препринт.— Владивосток: ИАПУ ДВО АН СССР, 1987.— 44 с.

4. Клещев А. С., Черняховская М. Ю. Медицинские системы-консультанты // Представление знаний в человеко-машинных и робототехнических системах. Т. С. "Прикладные человеко-машинные системы, ориентированные на знания".— М.: ВЦ АН СССР, ВИНТИ, 1984.— С. 282-309.

5. Клещев А. С., Черняховская М. Ю. Системы представления проблемно-ориентированных знаний // Техническая кибернетика.— 1982.— № 5.— С. 43-63.

6. Patil R. S. Causal representation of patient illness for electrolyte and acid-base diagnosis // PhD thesis. Laboratory for Computer Science, MIT, 1981.

7. Черняховская М. Ю. Представление знаний в экспертных системах медицинской диагностики.— Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983.— 212 с.

8. Уинстон П. Искусственный интеллект.— М.: МИР, 1980.— 693 с.

9. Gruber T. R. Ontolingua: A mechanism to support portable ontologies // Technical report KSL-91-66. Stanford University, Knowledge System Laboratory, Revision, 1992.

10. Genesereth M. R., Fikes R. E. Knowledge interchange format, version 3.0 reference manual // Technical Report Logic 92-1, Computer Science Department, Stafford University, 06/1991.

11. Клещев А. С., Артемьева И. Л. Необогатённые системы логических соотношений // НТИ, Сер. 2.— 2000.— Часть 1 — № 7. С. 18-28, Часть 2 — № 8. С. 8-18.

12. Falasconi S., Stefanelli M. A library of implemented ontologies // In proceedings of the ECAI workshop on comparison of implemented ontologies.— Amsterdam, 1994. P. 81-91.

13. Каменев А. В., Клещев А. С., Черняховская М. Ю. Логическая модель взаимодействия причинно-следственных отношений различных типов в области медицинской диагностики / Препринт.— Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 1999. 56 с.— <http://www.iacp.dvo.ru/es/publ/128.pdf>

14. Клещев А. С., Кулаков Ю. В., Черняховская М. Ю. Расширение модели медицинского диагностического знания на случай хронических заболеваний // Теория и практика систем с базами знаний.— Владивосток: ДВО РАН, 1994.— С. 84-97.

15. Артемьева И. Л., Гаврилова Т. Д., Клещев А. С. Системы логических соотношений с параметрами // НТИ. Сер. 2.— 1997.— № 7.— С. 19-23.

16. Артемьева И. Л., Гаврилова Т. Л., Клещев А. С. Логические модели второго порядка для предметных областей // НТИ. Сер. 2.— 1997.— № 6.— С. 14-30.

17. Клещев А. С., Артемьева И. Л. Математические модели онтологий предметных областей. Часть 2. Компоненты модели // НТИ. Сер. 2.— 2001.— № 3.— С. 18-19.

Материал поступил в редакцию 26.07.05.