OSTIS-2015
(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 519.816

СПЕЦИФИКАЦИЯ ТЕМПОРАЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ В СИСТЕМЕ «БИНАРНАЯ МОДЕЛЬ ЗНАНИЙ»

Плесневич Г.С., Нгуен Тхи Минь Ву

Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия

salve777@mail.ru

mimhvu.357@gmail.com

В работе кратко описывается концептуальный язык, содержащий средства для спецификации темпоральных отношений в онтологиях. Вместе с ним рассматриваются языки структурной и логической спецификации, поддерживающие систему «Бинарная Модель Знаний», которая предназначена для автоматизированного построения и анализа онтологий.

Ключевые слова: базы знаний, онтологии, языки для спецификации онтологий, темпоральные отношения.

Введение

Понятие времени присутствует во всякой деятельности агентов, требующей интеллекта. Работая с интеллектуальной информационной системой, агенты (естественные или искусственные) имеют дело с моделью реального мира, который часто является динамическим. Многие факты, содержащиеся в состоянии модели, представляют события, которые связываются друг с другом темпоральными отношениями («раньше», «позже», «одновременно», «в течение» и т.п.). Для описания темпорального знания в моделях используются соответствующие формальные языки.

В настоящей работе мы опишем (в общих чертах) язык для спецификации темпоральных отношений в системе «Бинарная Модель Знаний» (БМЗ), а также укажем метод логического вывода в этом языке. Система БМЗ предназначена для построения, анализа и интерпретации формальных онтологий [Plesniewicz, 2004], [Плесневич, 2005], [Плесневич, 2012].

1. О языках системы «Бинарная Модель Знаний»

Языки системы БМЗ относятся к классу концептуальных языков; их семантика основана на формальных понятиях.

Формальное понятие (в экстенсиональном аспекте) строится из имен. Оно имеет следующие компоненты: (1) *имя понятия* C; (2) *универсум понятия* U^C– множество всех имен, которые могут обозначать примеры (экземпляры) понятия C; (3) множество *точек соотнесения* Γ; (4) для каждой точки соотнесения $\gamma \in \Gamma$ подмножество $E^C_\gamma \subseteq U^C$– *множество всех примеров* понятия C в этой точке (точнее, имен этих примеров); (5) для каждой точки соотнесения $\gamma \in \Gamma$ заданное на множестве E^C_γ отношение эквивалентности $\sim_\gamma^C$ – *кореференция* в этой точке; (6) для каждой точки соотнесения $\gamma \in \Gamma$ фактор-множество $Ext^C_\gamma = E^C\gamma/\sim^C_\gamma$ – *экстенсионал* понятия C в этой точке; (7) семейство $Ext^C = \{Ext^C_\gamma \mid \gamma\ \Gamma\}$ – *полный экстенсионал* понятия C.

Замечания. 1) Кореферентные имена обозначают один и тот же объект моделируемой предметной области. 2) Точка соотнесения (другое название – «индекс») фиксирует множество примеров понятия. Например, для понятий, представляющих события или процессы, точками соотнесения могут быть моменты времени или временные интервалы. 3) Имя понятия может быть простым или составным. Составное имя понятия имеет структуру, определяющие связи примеров этого понятия с примерами понятий, имена которых входят в составное имя. Например, в терминологических (дескриптивных) логиках термины – это составные имена понятий [Baader et al., 2003].

Концептуальные языки можно классифицировать в соответствии с тем, какие из компонент формальных понятий они специфицируют. *Языки структурной спецификации* используются для определения универсумов понятий. *Языки логической спецификации* используются для спецификации экстенсионалов независимо от точек соотнесения. *Языки модальной спецификации переходов* используются для спецификации экстенсионалы понятий с учетом их изменений при переходе от одних точек соотнесения к другим.

При моделировании объектов предметной области с помощью языков системы БМЗ мы предполагаем, что объекты характеризуются своими атрибутами. Атрибут рассматривается как функция, которая объектам сопоставляет другие объекты или значения – элементы типов данных.

В БМЗ входит язык ЯСС структурной спецификации. Два вида формальных понятий различаются в ЯСС: *классы* и *бинарные связи*. Рассмотрим примеры определения универсумов этих понятий в языке ЯСС. Предложения

Автомобиль[Марка:String, Двигатель, Габариты:
(Длина(мм): Integer, Ширина(мм): Integer,
Высота(мм): Integer, 'Колесная база (мм)':
Integer), 'Коробка передач': String],
Двигатель[Тип: Integer, Мощность(лс): Integer,
'Время разгона до 100 км/сек': Integer,
'Макс._скорость (км/час)': Integer].

определяют универсумы классов Автомобиль и Двигатель. В универсумы всегда входят так называемые *суррогаты* – стандартные имена для идентификации индивидных объектов. Мы рассматриваем их как элементы примитивного типа данных Surr = {#1, #2, #3,...}. В универсумы также входят простые имена для индивидных объектов (представленные слитными строчками, начинающимися с малой буквы), а также кортежи. Так, универсум $U^{\text{Автомобиль}}$ включает все кортежи вида

[Марка: x, Двигатель : y, Габариты: z, 'Коробка передач': u],

где $x \in$ String, $y \in$ Surr, $u \in$ String и z – элемент следующего производного типа данных

(Длина(мм): Integer, Ширина(мм): Integer,
Высота(мм): Integer, 'Колесная база (мм)':
Integer).

Вот конкретные примеры кортежей из универсумов $U^{\text{Автомобиль}}$ и $U^{\text{Двигатель}}$ (эти кортежи представляют информацию об автомобиле Audi 200):

[Марка: Audi200, Двигатель: #23, Габариты:
(Длина(мм): 4810, Ширина(мм): 1810,
Высота: 1420, 'Колесная_база (мм)': 2690),
'Коробка передач': 'МКПП']. (1.1)
[Тип: 5, Мощность(лс): 182, 'Время разгона до
100 км/сек': 8.1, 'Макс. скорость (км/час)': 230].

Бинарная связь в качестве своих примеров (экземпляров) имеет конкретные бинарные отношения между экземплярами двух понятий. Рассмотрим пример предложения ЯСС, задающего бинарную связь.

(Персона Владеет Автомобиль)[Дата: Date,
'Документы о регистрации покупки': String].

Здесь предполагается, что атрибут Дата имеет смысл «дата оформления владения». Значениями этого атрибута служат элементы типа данных Date, которые имеют формат dd.dd.dddd, где d обозначает цифру. Универсум $U^{\text{Владеет}}$ бинарной связи Владеет содержит все кортежи вида

[Персона: x, Автомобиль: y, Дата: z, 'Документы о регистрации': u],

где $x \in$ Surr, $y \in$ Surr, z – элемент типа данных Date и u – элемент типа данных String.

Составляя онтологию для предметной области при помощи языков системы БМЗ, мы сначала пишем в языке ЯСС текст, определяющий универсумы понятий моделируемой предметной области. Этот текст, состоящий из предложений языка ЯСС, называется *структурной схемой*.

Прямой простейший способ спецификации экстенсионалов понятий из структурной схемы состоит в записи конечного подмножеств универсумов этих понятий, а также в записи некоторых пар кореферентных элементов из этих подмножеств. Эти записи естественно представить в таблицах, соответствующих предложениям для данной структурной схемы. Например, для понятия Автомобиль мы определяем таблицу с именем Автомобиль и полями Surr, Por, Coref, Марка, Двигатель, Габариты, Колесная_база, Коробка_передач. (Здесь имя Surr выступает в роли атрибута.) В строке таблицы в поле Por (point-of-reference) записывается точка соотнесения, а в поле Coref помещается список кореферентных имен индивидов. Например, в таблицу Автомобиль мы можем поместить строку

(#7, 'текущая база данных', ['автомобиль № к 200
АЕ 77RUS', 'автомобиль А.П. Иванова'], Audi200,
#23, (Длина(мм): 4810, Ширина(мм): 1810,
Высота: 1420, Колесная_база(мм): 2690),
'МКПП'), (1.2)

в которой определены следующие кореференции:

#7 ~ 'автомобиль № к 200 АЕ (77RUS)' ~
'автомобиль А.П. Иванова' ~ t,

где t обозначает кортеж (1.1). Также в таблицу Двигатель мы можем включить строку

(#23, [], 5, 182, 8.1, 230).

Строка (1.2) представляет объект с суррогатом #7, который является принадлежащим А.П. Иванову автомобилем марки Audi 200 с номером к 200 АЕ 77RUS. Автомобиль имеет габариты: длина 4810 мм, ширина 1810 мм, высота 1420 мм и колесную базу 2690 мм; он имеет коробку передач МКПП. Двигатель автомобиля обозначен суррогатом #23, который используется как ссылка к таблице Двигатель. Строка этой таблицы с суррогатом #23 содержит информацию о двигателе автомобиля. Точка соотнесения 'текущая база данных' говорит о том, что строка таблицы относится к текущей базе данных.

Суррогаты позволяют выполнять навигацию по таблицам при помощи операции «точка», получая информацию об объекте. Например, имеем

#7**.** Двигатель =
'автомобиль А.П. Иванова'**.** Двигатель =
'автомобиль № к 200 АЕ 77RUS'**.** Двигатель = #23,
#7**.** Двигатель **.** Мощность = #23**.**Мощность = 182,
'автомобиль A.G. Иванова'**.** Двигатель **.**Тип = 5.

При прямом способе спецификации понятий действует предположение замкнутого мира CWA (closed world assumption) [Reiter, 1978]: таблицы для понятий полностью определяют их экстенсионалы.

В сущности, структурная схема является схемой объектно-ориентированной базы данных, если действует CWA [Abiteboul et al, 1995]. Предложения языков логической и модальной спецификации из онтологии можно тогда рассматривать как ограничения целостности. Например, предложение

Автомобиль ISA Автомобиль(Двигатель **.** 'Макс. скорость(км/час)' ≤ 300) (1.2)

утверждает, что максимальная скорость любого автомобиля не превосходит 300 км в час. Его мы рассматриваем как ограничение, что записанный в базе данных автомобиль не должен иметь максимальную скорость, большую 300 км в час, т.е. в строках таблицы Автомобиль в поле Двигатель не должен стоять суррогат *s* такой, что ***s*.**'Макс. скорость(км/час)' ≤ 300).

При предположении открытого мира OWA (open world assumption) конечные таблицы лишь частично определяют экстенсионалы понятий. Для более полного их определения можно в таблицы вставлять строки, представляющие некоторые контрпримеры понятий. Для этого в таблицу понятия мы включаем атрибут Deg (degree), значениями которого в строке служит 1 или 0 в зависимости от того, представляет ли строка пример или контрпример понятия. Записывая в таблице информацию о некотором объекте *e*, мы можем точно не знать, является ли он примером или контрпримером данного понятия *C*. Тогда можно воспользоваться нечеткой логикой, считая, что утверждение «объект *e* является примером понятия *C*» имеет некоторую степень истинности, выражаемую числом $r \in [0,1] = \{x \mid 0 \leq x \leq 1\}$. Таким образом, *e* **.** Deg = *r*.

Но основным способом для спецификации экстенсионалов понятий является использование предложений языков логической и модальной спецификации. В системе БМЗ имеется несколько таких языков. Один из этих языков, язык ЯДС-0, был ранее описан в работе [Плесневич, 2014]. Этот язык расширяет язык ALC дескриптивной логики [Schmidt-Schauss et al, 1991]. В ALC, как и во всяком «чистом» языке дескриптивной логики, утверждения имеют только вид включения понятий: $C \subseteq D$, где *C* и *D* – термины (вообще говоря, составные имена – описания понятий). В языке ЯЛС-0 имеются и утверждения другого вида, например, утверждение

EXIST Персона THAT Владеет SOME
Автомобиль THAT Имеет SOME Дефект.

В языках логической и модальной спецификации в системе БМЗ используются в качестве составных имен понятий термины вида *C*(α), где *C* – простое имя понятия, а α – *атрибутное условие*, которые являются конъюнкциями простых атрибутных соотношений. Термин *C*(α) обозначает понятие, примерами которого служат все объекты, удовлетворяющие условию α. Например, термин

Автомобиль(Двигатель **.** 'Макс. скорость' < 200;

Габариты **.** Длина(мм) < 4000;

'Коробка передач' = 'МКПП')

обозначает класс всех автомобилей с максимальной скоростью меньше 200 км в час, с коробкой передач МКПП и имеющих длину менее 4000 миллиметров.

В языках логической и модальной спецификации в БМЗ, как и в языках дескриптивной логики, мы можем давать новые простые имена понятиям, определяемым другим терминам. (Так что это простое имя и этот термин кореферентны.). Например, мы можем следующим образом определить класс, состоящий из владельцев автомобилей Ауди кроссовер, а также класс мини-автомобилей:

'Владелец автомобиля Ауди кроссовер' :=
Персона THAT Владеет Автомобиль(Марка IN {'Audia Q3', 'Audia RS Q3', 'Audia Q5', 'Audia SQ5', 'Audia Q7'}),
Мини-автомобиль := Автомобиль(Габариты**.** Длина(мм) < 3600; Габариты **.** Ширина < 1600).

Как и в языках дескриптивной логики, в языках логической спецификации в БМЗ используются предложения, определяющие включение понятий друг в друга. Эти предложения имеют вид *C* ISA *D*, где *C* и *D* – термины (простые или составные) имена понятий (классов или бинарных связей).

2. Темпоральная спецификация в системе «Бинарная Модель Знаний»

В системе БМЗ имеется язык ЯТС для темпоральной спецификации. В этом языке разработчик онтологии может формально представлять информацию о событиях, т.е. о понятиях, связанных со временем. Язык ЯТС расширяет язык ЯЛС-0 [Плесневич, 2014].

ЯТС близок к языкам темпоральной дескриптивной логики, в особенности, к языку, предложенному Альбрехтом Шмиделем [Schmiedel, 1990], [Artale et al., 1998], [Artale et al., 2000], [Artale et al., 2005].

Язык ЯТС содержит темпоральные переменные и темпоральные кванторы SOMETIME (когда-нибудь) и ALLTIME (все время), а также темпоральное отношение AT. В язык ЯТС входят фундаментальные бинарные отношения между временными интервалами: BEFORE (раньше), MEET (встречает), DURING (в течение), START (начинает), OVERLAP (перекрывает), FINISH (заканчивает), EQUAL (равен). (См. смысл этих отношений указан в таблице 1.) В ЯТС имеются также имена для обратных отношений; AFTER = BEFORE*, MEET-BY = MEET*, CONTAIN = DURING*, START-BY = START*, OVERLAP-BY = OVERLAP*, FINISH-BY = FINISH*, где * обозначает операцию взятия обратного отношения. (Если ρ – бинарное отношение, то $x\ \rho^* y \Leftrightarrow y\ \rho\ x$.)

Таблица 1 – Фундаментальные отношения между интервалами

<table>
<tr><td>|======|
|==========|</td><td>BEFORE</td></tr>
<tr><td>|======|
|==========|</td><td>MEET</td></tr>
<tr><td>|======|
|==========|</td><td>DURING</td></tr>
<tr><td>|======|
|==========|</td><td>START</td></tr>
<tr><td>|======|
|=========|</td><td>OVERLAP</td></tr>
<tr><td>|======|
|=========|</td><td>FINISH</td></tr>
<tr><td>|======|
|======|</td><td>EQUAL</td></tr>
</table>

Замечание. Вышеуказанные темпоральные отношения были введены Дж. Алленом в связи с представлением знания о временных интервалах [Allen, 1983]. (В статье Аллена эти отношения сокращенно обозначены ***b, m, d, s, o, f, e, bi, mi, di, si, oi, fi.***)

Значениями темпоральных переменных и аргументов указанных бинарных отношений служат временные интервалы. Значениями второго аргумента темпорального отношения AT также служат временные интервалы; значениями первого аргумента являются понятия или объекты.

Мы рассматриваем временные интервалы как точки соотнесения или как компоненты этих точек. Временные интервалы является элементами типа данных, определяемого разработчиком онтологии. В этот тип включаются такие константы, как ‘2015 г.’ и ‘15.01.2015 г.’, интервалы с концами, например, [‘15.09.2014’,’31.12.2014’], переменные для интервалов фиксированной длины, например, сек, мин, час, день. Для интервалов может указываться грануляция, например, сек gran мин и час gran день.

Имеются два вида термов в ЯТС: темпорально индексированные и ригидные. Интерпретация первых зависит от значения переменной now; вторые имеют постоянный экстенсионал.

Мы покажем выразительные возможности языка ЯТС на примерах. Термин

(‘Владелец автомобиля’ AT ‘2010 г.’)

задает класс, примерами которого служат все владельцы автомобилей в 2010 году. Следующее предложение языка ЯТС определяет класс с именем ‘Бывший владелец автомобиля’:

‘Бывший владелец автомобиля’ := Персона THAT Владеет(SOMETIME X) SOME Автомобиль;
X BEFORE now.

Следующий термин определяет тех персон, которые в текущий момент (выраженный временным интервалом now) поменяли свой автомобиль Ауди 200 на автомобиль Тойота Ленд крузер.

Персона THAT Владеет(SOMETIME X) SOME
Автомобиль(Марка = ‘Audi 200’);
Владеет(SOMETIME Y) SOME
Автомобиль(Марка = ‘Toyota land cruiser’);
X START now; now FINISH Y; X MEET Y.

(Напомним, что точка с запятой обозначает конъюнкцию.) Факт, что А.П. Иванов владел когда-то автомобилем Ауди 200, в языке ЯТС можно записать так:

‘А.П. Иванов’ Владеет(SOMETIME X) SOME
Автомобиль(Марка = ‘Audi 200’) ; X BEFORE now.

Язык ЯТС в качестве подъязыка содержит формализм для представления темпоральных ограничений; он является расширением логики Аллена временных интервалов [Allen, 1983] и сетей темпоральных ограничений [Dechter et al., 1991]. Это расширение заключается в добавлении пропозициональных комбинаций, составленных из темпоральных ограничений, описанных в этих статьях, а также в ведении оценок для нечетких ограничений в логике Аллена.

3. О дедукции в языке темпоральных ограничений

В системе БМЗ предполагается реализовать изложенные в работах [Allen, 1983] и [Dechter et al., 1991] методы дедукции для темпоральных ограничений, а также некоторые расширения этих методов. В частности, будет реализован полученный нами метод дедукции для оценок нечетких ограничений. Мы рассмотрим этот метод на примере.

Очевидно, что в логике Аллена имеет место логическое следствие (см. рис.1)

$$A\ \boldsymbol{b}\ B,\ B\ \boldsymbol{m}\ C,\ A\ \boldsymbol{o}\ D,\ D\ \boldsymbol{o}\ C \models B\ \boldsymbol{d}\ D. \qquad (3.1)$$

|=== *A* ===| |==== *B* ====|===== *C* =====|
|======= *D* ======|

Рисунок 1 – Интервалы в логическом следствии (3.1)

Предположим, что предложения в (3.1) рассматриваются как атомы в нечеткой логике Заде, т.е. в произвольной заданной интерпретации «.» им приданы некоторые значения из $[0,1] = \{x\ |0\leq x \leq 1\}$. Пусть также в этой интерпретации истинны оценки

$$A\ \boldsymbol{b}\ B \geq a,\ B\ \boldsymbol{m}\ C \geq b,\ A\ \boldsymbol{o}\ D \geq c, D\ \boldsymbol{o}\ C \geq d, \qquad (3.2)$$

т.е. верны неравенства «$A\ \boldsymbol{b}\ B$» $\geq a$, «$B\ \boldsymbol{m}\ C$» $\geq d$ и т.д. Тогда имеет место логическое следствие

$$A\ \boldsymbol{b}\ B \geq a,\ B\ \boldsymbol{m}\ C \geq b,\ A\ \boldsymbol{o}\ D \geq c,\ D\ \boldsymbol{o}\ C \geq d \vdash B\ \boldsymbol{d}\ D \geq x \quad (3.3)$$

в том и только том случае, если не существует интерпретации, при которой оценки (3.2) истинны, но оценка $B\ \boldsymbol{d}\ D \geq x$ ложна, т.е. $B\ \boldsymbol{d}\ D < x$. Рассмотрим, как найти наибольшее число x, при котором справедливо логическое следствие (3.3).

Очевидно, что

$$A\ \boldsymbol{b}\ B \Leftrightarrow A^+ < B^-,\ A\ \boldsymbol{m}\ B \Leftrightarrow A^+ = B^-,$$

$$A\ \boldsymbol{d}\ B \Leftrightarrow A^- < B^- \wedge A^+ < B^+,\ A\ \boldsymbol{s}\ B \Leftrightarrow A^- = B^- \wedge A^+ < B^+,$$

$$A\ \boldsymbol{f}\ B \Leftrightarrow A^- < B^- \wedge A^+ = B^+,\ A\ \boldsymbol{e}\ B \Leftrightarrow A^- = B^- \wedge A^+ = B^+,$$

$$A\ \boldsymbol{o}\ B \Leftrightarrow A^- < B^- \wedge B^- < A^+ \wedge A^+ < B^+.$$

Здесь X^- обозначает левый конец интервала X, а X^+ – правый его конец. Так как конъюнкция в логике Заде интерпретируется нормой *min*, то, например, имеем

$$«A\ \boldsymbol{o}\ B» = «A^- < B^- \wedge B^- < A^+ \wedge A^+ < B^+» = min(«A^- < B^-», «B^- < A^+», «A^+ < B^+»).$$

Отсюда следует состоятельность следующего правила вывода в логике оценок:

$$(A\ \boldsymbol{o}\ B) \geq c \vdash (A^- < B^-) \geq c \text{ и } (B^- < A^+) \geq c \text{ и } (A^+ < B^+) \geq c.$$

В Табл.1 представлены правила вывода по методу аналитических таблиц для логики оценок, а на Рис.2 дано дерево вывода, доказывающее опровержением логическое следствие (3.3). Здесь также применялось еще одно правило вывода

$$(X < Y) > a,\ (Y < Z) > b \vdash (X < Z) > max\{a,b\}.$$

Видно, что левая ветвь содержит оценки $(D^- < B^-) < x$ и $(D^- < B^-) \geq max\{a,c\}$, которые при произвольной интерпретации дают двойное неравенство $max\{a,c\} \leq «(D^- < B^-)» < x$. Ясно, что оно будет не верно, если $x \leq max\{b,d\}$. Следовательно, левая ветвь будет замкнутой, когда $x \leq max\{a,c\}$. Аналогично получаем, что правая ветвь будет замкнутой, когда $x \leq max\{b,d\}$. Отсюда следует, что $min\{max\{a,c\},max\{b,d\}\}$ является наибольшим значением x, при котором дерево будет замкнутым.

Таблица 1 – Правила вывода в нечеткой интервальной логике

$(A\ \boldsymbol{b}\ B) \geq c \vdash (A^+ < B^-) \geq c$
$(A\ \boldsymbol{m}\ B) \geq c \vdash (A^+ = B^-) \geq c$
$(A\ \boldsymbol{d}\ B) \geq c \vdash (A^- < B^-) \geq c$ и $(A^+ < B^+) \geq c$
$(A\ \boldsymbol{s}\ B) \geq c \vdash (A^- = B^-) \geq c$ и $(A^+ < B^+) \geq c$
$(A\ \boldsymbol{f}\ B) \geq c \vdash (A^- < B^-) \geq c$ и $(A^+ = B^+) \geq c$
$(A\ \boldsymbol{e}\ B) \geq c \vdash (A^- = B^-) \geq c$ и $(A^+ = B^+) \geq c$
$(A\ \boldsymbol{o}\ B) \geq c \vdash (A^- < B^-) \geq c$ и $(B^- < A^+) \geq c$ и $(A^+ < B^+) \geq c$
$(A\ \boldsymbol{b}\ B) \leq c \vdash (A^+ < B^-) \leq c$
$(A\ \boldsymbol{m}\ B) \leq c \vdash (A^+ = B^-) \leq c$
$(A\ \boldsymbol{d}\ B) \leq c \vdash (A^- < B^-) \leq c$ или $(A^+ < B^+) \leq c$
$(A\ \boldsymbol{s}\ B) \leq c \vdash (A^- = B^-) \leq c$ или $(A^+ < B^+) \leq c$
$(A\ \boldsymbol{f}\ B) \leq c \vdash (A^- < B^-) \leq c$ или $(A^+ = B^+) \leq c$
$(A\ \boldsymbol{e}\ B) \leq c \vdash (A^- = B^-) \leq c$ или $(A^+ = B^+) \leq c$
$(A\ \boldsymbol{o}\ B) \leq c \vdash (A^- < B^-) \leq c$ или $(B^- < A^+) \leq c$ или $(A^+ < B^+) \leq c$

$A\ \boldsymbol{b}\ B \geq a$ [1]

$B\ \boldsymbol{m}\ C \geq b$ [2]

$A\ \boldsymbol{o}\ D \geq c$ [3]

$D\ \boldsymbol{o}\ C \geq d$ [4]

$A\ \boldsymbol{b}\ B < x$ [5]

$(A^+ < B^-) \geq a$ (1) [6]

$(B^+ = C^-) \geq b$ (2) [7]

$(D^- < A^+) \geq c$ (3) [6]

$(A^- < D^-) \geq c$ (3)

$(A^+ < D^+) \geq c$ (3)

$(C^- < D^+) \geq d$ (4) [7]

$(D^- < C^-) \geq d$ (4)

$(D^+ < C^+) \geq d$ (4)

$(D^- < B^-) < x$ (4)	$(B^+ < D^+) < x$ (4)
$(D^- < B^-) \geq max\{a,c\}$ (6)	$(D^- < B^-) \geq max\{a,c\}$ (6)
$(B^+ < D^+) \geq max\{b,d\}$ (6)	$(B^+ < D^+) \geq max\{b,d\}$ (6)

Рисунок 2 – Дерево вывода

Заключение

«Бинарная Модель Знаний» (БМЗ) – это система, предназначенная для построения и анализа онтологий. Эта система разрабатывается на кафедре прикладной математики Национального исследовательского университета «МЭИ». В статье сначала мы кратко описали язык ЯСС для структурной спецификации понятий онтологий, а затем описали (на базе ЯСС) язык ЯТС для спецификации темпорального знания в онтологиях. ЯТС расширяет ЯЛС-0 – один из языков логической спецификации в системе БМЗ. Для интерпретации ЯТС в системе БМЗ были разработаны методы логического вывода. Один из этих методов был кратко описан. Вторым автором была написана на языке Common Lisp программа-прототип, реализующая этот метод вывода.

Настоящая работа выполнялась при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект № 14-07-00387).

Библиографический список

[Abiteboul et al., 1995] Abiteboul S., Hull R., Vianu V. Foundation of databases. – Addisom-Wesley, 1995.

[Artale et al., 1998] Artale A., Franconi E. A temporal description logic for reasoning about actions and plans // Journal of Artificial Intelligence Research, no 9, 1998.

[Allen, 1983] Allen J. Maintaining knowledge about temporal intervals // Communications of the ACM, vol. 26, no. 11, 1983

[Artale et al., 2000] Artale A., Franconi E. A survey of temporal extensions of description logics // Annals of Mathematics in Artificial Intelligence, no. 1, 2000.

[Artale et al., 2005] Artale and E. Franconi. Temporal description logics. In: Fisher M., Gabbay D. M., Vila L. (eds.) Handbook of Time and Temporal Reasoning in Artificial Intelligence. – Elsevier, 2005.

[Baader et al., 2003] Baader F., Calvanese D., McGuinness D.L, Nardi D, Pattel-Schneider P.F. The Description logic handbook: theory, implementation, and applications. – Cambridge University Press, 2003.

[Dechter et al., 1991] Dechter R., Meiri I., Pearl J. Temporal constraint networks // Artificial Intelligence, vol. 49, 1991.

[Lutz et al., 2008] Lutz C., Wolter F., Zakharyaschev M. Temporal description logics: a survey. In Proceedings of the 15th International symposium on temporal representation and reasoning. – IEEE Computer Society Press, 2008.

[Reiter, 1978] Reiter R. On closed world data bases. In: Callaire H,, Minker J. (eds.) Logic and databases. – Perceus Publishing, 1978.

[Schmiedel, 1990] Schmiedel A. A temporal terminological logic. In: Dietterich W., Swartout T.(eds). Proceedings of the 9th national conference on Artificial Intelligence AAAI-90.– MIT Press, 1990.

[Schmidt-Schauss et al., 1991] Schmidt-Schauss M., Smolka G. Attributive concept description with complements //Artificial Intelligence, vol. 48, no. 1, 1991.

[Plesniewicz, 2004] Plesniewicz G.S. Binary Data and Knowledge Model // In: Stefanuk, Kaijiri (eds.) Knowledge-based software engineering. – IOS, 2004.

[Плесневич, 2005] Плесневич Г.С. Бинарные модели знаний //Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник трудов III-го Международного научно-практического семинара (Коломна, 15-17 мая 2005 г.). – М.: Физматлит, 2005.

[Плесневич, 2012] Плесневич Г.С. Формальные онтологии //Материалы международной научно-технической конференции OSTIS-2012 «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем».– Минск: Изд-во БГУИР, 2012.

[Плесневич, 2014] Плесневич Г.С. Один язык для спецификации онтологий //Материалы международной научно-технической конференции OSTIS-2014 «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем».– Минск: Изд-во БГУИР, 2012.

SPECIFICATION OF TEMPORAL RELATIONS IN THE SYSTEM "BINARY MODEL OF KNOWLEDGE"

Plesniewicz G.S., Nguyen Thi Minh Vu

National Research University « MPEI», Moscow, Russia

salve777@mail.ru

mimhvu.357@gmail.com

In the paper a conceptual language with facilities for temporal relations specification are briefly described. Related to the language, languges for structural and logical specificatins are considerated; they support the system «Binary Model of Knowledge» that intends for design and analysis of ontologies.

INTRODUCTION

The notion of time is ubiquitous in any agents activity that requires intelligence. Working with an intelligent information system, agents (natural or artificial) deal with a model of the real world that often is dynamic. For temporal knowledge specification appropriate languages are used. We will describe (in outline) a language for the specification of the temporal relations in the system "Binary Model of Knowledge" (BMK), and describe a method of logical inference for this language.

MAIN PART

The main part of the paper consists of three sections. In the first section, we describe the formal model of concept; it is used for defining denotative semantics of conceptual languages. Then we describe (in outline and by examples) the language LSS for structural specification in BMK.

In the second section we describe (in outline and by examples) the language LTS for temporal specification in BMK. The language is close to the Schmidel's language of temporal terminological (description) logic.

In the third section we consider the problem of disigning deduction methods for the language LTS. These methods are applied to statements for temporal intervals of events. We give an example of deduction for fuzzy statements.

CONCLUSION

In the present paper we have introduced a temporal conceptual language for supporting the system "Binary Model of knowledge" and have given an example of deduction in the language.