

УДК 004.82, 004.42

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ОНТОЛОГИИ НАБОРА БИЗНЕС-ПРАВИЛ КОНТРОЛЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ

Шибанов С.В., Фишбейн А.И.

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail: vot49tak@yandex.ru

В статье рассматривается проблема построения онтологии набора бизнес-правил контроля достоверности данных. Обосновывается необходимость обеспечения единого непротиворечивого представления версионных наборов бизнес-правил контроля достоверности данных. Предлагается онтологическое модельное представление набора бизнес-правил на основе аппарата дескрипционной логики. Приводится пример сигнатуры онтологии набора бизнес-правил. Определяется соответствие компонентов бизнес-правил компонентам онтологического представления. Предлагается и подробно рассматривается методика построения онтологии набора бизнес-правил. Также предлагаются основные принципы создания аксиом определения концептов онтологии. Приводится пример процесса построения сигнатуры онтологии на основе бизнес-правил согласно обозначенным принципам и предлагаемой методике. Предлагаемые единообразное представление бизнес-правил и методика построения онтологии набора бизнес-правил позволяют поддерживать актуальность используемых наборов правил в течение всего жизненного цикла информационной системы.

Ключевые слова: бизнес-правила, контроль достоверности данных, информационные системы, онтологическое представление, дескрипционная логика, методика построения онтологии

THE TECHNIQUE OF BUILDING OF BUSINESS RULES SET ONTOLOGY TO DATA RELIABILITY CONTROL

Shibanov S.V., Fishbeyn A.I.

Penza State University, Penza, e-mail: vot49tak@yandex.ru

In article the problem of building of ontology of data reliability control business rules set is considered. The necessity of support of single consistent representation of business rules versioned sets to data reliability control is substantiated. The ontological model representation of business rules set on the basis of the device of description logic is offered. The example of a signature of business rules set ontology is given. Correspondence between business rules components and ontological representation components is defined. Technique of building of business rules set ontology is proposed and considered in detail. Also basic principles of creation of ontology concepts definition axioms are offered. The example of a process of building of ontology signature on the basis of business rules according to designated principles and proposed technique is given. Proposed single representation of business rules and technique of building of business rules set ontology allow to maintain the relevance of used rule sets throughout life cycle of an information system.

Keywords: business rules, data reliability control, information systems, ontological representation, description logic, technique of ontology building

Проблема контроля достоверности данных информационных систем на основе бизнес-правил

Достоверность является одним из важнейших свойств данных, обрабатываемых информационными системами (ИС) любого назначения. Достоверность данных обеспечивается за счет контроля соответствия данных семантическим ограничениям, выделенным в предметной области ИС. Такого рода ограничения называются бизнес-правилами (БП) и представляют собой определяющие или ограничивающие утверждения, относящиеся к конкретному аспекту работы ИС и фиксирующие закономерности в данных. Примеры БП: «количество студентов на курсе не может быть больше суммы количества бесплатных и платных мест», «размер выданной заработной платы должен равняться сумме оклада, надбавки за стаж и премии» [3, 6].

Бизнес-правило контроля достоверности данных в общем случае имеет следующий вид:

$$b = \langle id, P(x_1, \dots, x_n), a \rangle,$$

где b – бизнес-правило; id – идентификатор БП; P – предикат, определяющий, выполняется ли условие БП; $x_1 \dots x_n$ – данные, используемые бизнес-правилом; a – реакция на нарушение БП.

Подсистема контроля достоверности данных (КДД) должна хранить бизнес-правила и проверять данные на соответствие им. В процессе эксплуатации ИС бизнес-правила могут изменяться и корректироваться. [1] Это может быть связано с изменениями в законодательстве, расширением сферы деятельности организации, изменениями в предметной области, модификацией бизнес-процессов и так далее. Соответственно, подсистема КДД должна позволять добавлять новые БП, изменять

и удалять уже существующие БП в процессе функционирования системы, не нарушая её работы. [5]

Множество всех бизнес-правил ИС образует бизнес-логику:

$$B = \{b_i \mid i = \overline{1, n}\},$$

где B – бизнес-логика; b_i – i -е бизнес-правило; n – количество бизнес-правил.

Множество бизнес-правил ИС может быть разделено на подмножества-наборы согласно различным принципам:

$$f_i: B \rightarrow S_j; S_i = \{s_i^j \mid \bigcap s_i^j = \emptyset, j = \overline{1, k}\},$$

где f_i – i -я функция, согласно некоторому принципу разбивающая B на наборы; B – бизнес-логика; S_i – множество наборов бизнес-правил, получившихся в результате разбиения B ; s_i^j – j -й набор бизнес-правил; k – количество получившихся наборов БП.

Зачастую бизнес-правила также имеют версии. Версией бизнес-правила является правило, связанное с другим, уже существующим, условием выбора между ними, и определяющее достоверность тех же данных. То есть выбор между тем, какое правило должно использоваться в некоторой ситуации, зависит от некоего условия, например для проверки некоторых данных могут использоваться разные версии правила, в зависимости от текущей даты. Таким образом, ИС имеет дело с версионными наборами БП [4].

Несмотря на значительные успехи в области создания систем, поддерживающих БП, не решена проблема единого представления бизнес-правил для автоматизации разработки программных средств контроля достоверности данных. Необходимо обеспечивать единое непротиворечивое представление версионных наборов БП достоверности данных, а также обеспечивать ведение и анализ БП в процессе функционирования информационной системы безотносительно архитектуры ИС.

Для представления бизнес-правил в качестве базовой предложена онтологическая модель, позволяющая описывать произвольные БП различных предметных областей и проводить анализ правил. Из семейства дескрипционных логик (ДЛ) – базового математического формализма онтологической модели – для решения поставленной задачи выбрана дескрипционная логика SROIQ(D) [7, 8].

Онтологическое модельное представление набора бизнес-правил контроля достоверности данных

Бизнес-правило контроля достоверности данных в сокращённой форме может

состоять из идентификатора и условий достоверности. Таким образом, набор бизнес-правил контроля достоверности данных представляет собой набор помеченных идентификаторами условий корректности некоторых данных.

Онтология O – это

$$O = \{N_C, N_R, N_I, TBox, RBox, ABox\},$$

где N_C – множество концептов онтологии; N_R – множество ролей онтологии; N_I – множество индивидов онтологии; $TBox$ – набор утверждений о концептах онтологии; $RBox$ – набор утверждений о ролях онтологии; $ABox$ – набор утверждений об индивидах онтологии [8, 9].

Для онтологии представления версионного набора бизнес-правил контроля достоверности данных эти компоненты имеют следующий вид:

$$N_C = \{\{N_{C, domain}\}, \{N_{C, br}\}, \{N_{C, nom}\}, \{N_{C, reaction}\}\};$$

$$N_R = \{\{N_{R, domain}\}, \{N_{R, prop}\}, \{N_{R, reaction}\}\};$$

$$N_I = \{\};$$

$$TBox = \{\{AX_{C, domain, inclusion}\}, \{AX_{C, domain, eq}\},$$

$$\{AX_{C, br, eq}\}, \{AX_{C, reaction, inclusion}\},$$

$$\{AX_{C, br, reaction, inclusion}\}, \{AX_{C, ver, link, eq}\}\};$$

$$RBox = \{\{AX_{R, inclusion}\}, \{AX_{R, eq}\}, \{CH_{R, ref}\},$$

$$\{CH_{R, asy}\}, \{CH_{R, dis}\}, \{CH_{R, trans}\}\};$$

$$ABox = \{\},$$

где $N_{C, domain}$ – понятия предметной области, задействованные в правилах; $N_{C, br}$ – бизнес-правила в виде правильных вариантов концепта, к которому относится правило; $N_{C, nom}$ – концепты-номиналы; $N_{C, reaction}$ – концепты, относящиеся к возможной реакции на нарушение БП; $N_{R, domain}$ – отношения между понятиями предметной области, задействованными в правилах; $N_{R, prop}$ – свойства концептов; $N_{R, reaction}$ – роли, относящиеся к возможной реакции на нарушение БП; $AX_{C, domain, inclusion}$ – аксиомы включения концептов-понятий предметной области; $AX_{C, domain, eq}$ – аксиомы эквивалентности концептов-понятий предметной области; $AX_{C, br, eq}$ – аксиомы эквивалентности концептов-БП; $AX_{C, reaction, inclusion}$ – аксиомы включения концептов, относящихся к возможной реакции на нарушение БП; $AX_{C, br, reaction, inclusion}$ – аксиомы включения концептов, определяющие реакцию на нарушение конкретного БП; $AX_{C, ver, link, eq}$ – аксиомы

эквивалентности концептов, определяющие связи между версиями БП и условия выбора между ними; $AX_{R,inclusion}$ – аксиомы включения ролей; $AX_{R,eq}$ – аксиомы эквивалентности ролей; $CH_{R,ref}$ – характеристики рефлексивности ролей; $CH_{R,asy}$ – характеристики асимметричности ролей; $CH_{R,dis}$ – характеристики дизъюнктивности ролей; $CH_{R,trans}$ – характеристики транзитивности ролей.

Пример 1. Набор бизнес-правил, определяющих достоверность данных отчёта, представляющего собой таблицу.

1. В ячейке (5; 6) должно быть значение 7.

$N_C = \{ \text{Ячейка}, \text{Ячейка}_{5,6}, \text{Ячейка}_{5,6}^r, \text{Ячейка}_{1,2}, \text{Ячейка}_{2,2}, \text{Ячейка}_{1,2}^r, \{5\}, \{6\}, \{7\}, \{1\}, \{2\}, T, \text{Ячейка}_{3,2}, \text{Ячейка}_{1,2}^{r,v}, \text{Ячейка}_{1,2}^{r,choice}, \{3\}, \text{Реакция_на_ошибку}, \text{Выдача_сообщения}, \text{Запись_в_лог}, \text{Выполнение_скрипта} \};$

$N_R = \{ \text{номер_строки}, \text{номер_столбца}, \text{содержит_значение}, \text{меньше_чем}, \text{меньше_чем_или_равно}, \text{больше_чем}, \text{номер_полугодия}, \text{выполняет_действие} \};$

$N_I = \{ \};$

$AVox$ пуст;

$RVox$ пуст;

$TVox$ содержит следующие аксиомы:

$\text{Ячейка}_{5,6} \equiv \text{Ячейка} \cap \exists \text{номер_строки.} \{5\} \cap \exists \text{номер_столбца.} \{6\}$

$\text{Ячейка}_{5,6}^r \equiv \text{Ячейка}_{5,6} \cap \exists \text{содержит_значение.} \{7\}$ (БП1)

$\text{Ячейка}_{1,2} \equiv \text{Ячейка} \cap \exists \text{номер_строки.} \{1\} \cap \exists \text{номер_столбца.} \{2\}$

$\text{Ячейка}_{2,2} \equiv \text{Ячейка} \cap \exists \text{номер_строки.} \{2\} \cap \exists \text{номер_столбца.} \{2\}$

$\text{Ячейка}_{1,2}^r \equiv (\text{Ячейка}_{1,2} \cap \exists \text{содержит_значение.} T) \cap \cap \exists \text{меньше_чем.} (\text{Ячейка}_{2,2} \cap \exists \text{содержит_значение.} T)$ (БП2)

$\text{Ячейка}_{3,2} \equiv \text{Ячейка} \cap \exists \text{номер_строки.} \{3\} \cap \exists \text{номер_столбца.} \{2\}$

$\text{Ячейка}_{1,2}^{r,v} \equiv (\text{Ячейка}_{1,2} \cap \exists \text{содержит_значение.} T) \cap \cap \exists \text{меньше_чем_или_равно.} (\text{Ячейка}_{2,2} \cap \exists \text{содержит_значение.} T) \cap \cap \exists \text{больше_чем.} (\text{Ячейка}_{3,2} \cap \exists \text{содержит_значение.} T)$ (БП3)

$\text{Ячейка}_{1,2}^{r,choice} \equiv (\text{Ячейка}_{1,2}^r \cap \exists \text{номер_полугодия.} \{1\}) \cup (\text{Ячейка}_{1,2}^{r,v} \cap \exists \text{номер_полугодия.} \{2\})$

$\text{Выдача_сообщения} \subseteq \text{Реакция_на_ошибку}$

$\text{Запись_в_лог} \subseteq \text{Реакция_на_ошибку}$

$\text{Выполнение_скрипта} \subseteq \text{Реакция_на_ошибку}$

$\text{Ячейка}_{5,6}^r \subseteq \exists \text{выполняет_действие.} \text{Запись_в_лог}$

2. Значение в ячейке (1; 2) должно быть меньше, чем в ячейке (2; 2).

3. Значение в ячейке (1; 2) должно быть меньше или равно, чем значение в ячейке (2; 2), и больше, чем значение в ячейке (3; 2). Это версия правила 2, и она должна использоваться, если отчёт, которому принадлежат ячейки, относится ко второму полугодю, в противном случае должно использоваться основное правило.

В случае нарушения первого правила должна быть произведена запись в лог-файл, для остальных БП – реакция по умолчанию.

Пример 2. Сигнатура онтологии набора бизнес-правил из примера 1.

Помеченные БП1, БП2 и БП3 аксиомы, собственно, и являются бизнес-правилами КДД – они описывают условия, при соблюдении которых соответствующие данные считаются корректными. Фактически эти аксиомы являются определениями семантически правильных классов. [2] Индекс r используется, чтобы отметить такие правильные классы (концепты). Например, концепт Ячейка $_{1,2}^r$ – ячейка, имеющая индексы (1; 2) в таблице, для которой вдобавок выполняется соответствующее БП достоверности данных.

Методика построения онтологии набора бизнес-правил

Наиболее развёрнуто бизнес-правило КДД можно представить как контекстно-свободную формальную грамматику, с помощью формы Бэкуса – Наура.

БП ::= Условие_достоверности(Логическая_операция Условие_достоверности)*
 Условие_достоверности ::= Логическое_выражение | Пусто
 Логическое_выражение ::= Выражение (Логическая_операция | Операция_отношения)
 Выражение
 Выражение ::= Константа | Переменная_концепт | Выражение Операция Выражение
 Пусто ::=
 Логическая_операция ::= AND|OR|NOT|XOR
 Операция_отношения ::= >|<|=|<=|==|!=
 Арифметическая_операция ::= + | - | * | /
 Объектная_операция ::= иметь_значение | быть_частью | иметь_частью
 Операция ::= Логическая_операция | Операция_отношения | Арифметическая_операция |
 Объектная_операция

Проводя соответствие с представлением наборов БП в виде онтологии, получаем следующий результат. Множество $\{N_{C,нов}\}$ содержит константы из выражений в бизнес-правилах. Множество $\{N_{C,domain}\}$ содержит переменные-концепты – задействованные в БП понятия предметной области. Множество $\{N_{C,br}\}$ содержит концепты-БП. Множество $\{N_{R,domain}\}$ содержит операции отношения, арифметические и объектные операции, представленные с помощью ролей.

Множество $\{N_{C,reaction}\}$ содержит концепты, относящиеся к возможной реакции на нарушение БП. В данной работе предлагается, что реакция на нарушение БП не произвольно описывается разработчиком правил, а выбирается из конечного числа доступных вариантов. Состав $\{N_{C,reaction}\}$ будет оставаться постоянным, поскольку зависит не столько от набора БП, сколько от возможностей ПС. Аналогично множество $\{N_{R,reaction}\}$ содержит роли, относящиеся

к возможной реакции на нарушение БП. Для этого достаточно одной роли выполняет действие.

Несмотря на то, что процесс создания каждой онтологии индивидуален и зависит от предметной области и назначения онтологии, предлагается следующая методика построения онтологии набора БП, представленная на рисунке.

Согласно предлагаемой методике, сначала происходит заполнение множеств концептов и ролей на основе описания бизнес-правил. Затем с использованием выделенных концептов и ролей создаётся описание составных концептов, иерархия концептов и ролей, добавляются, при необходимости, характеристики ролей, создаются описания концептов-БП, определяются связи между версиями бизнес-правил.

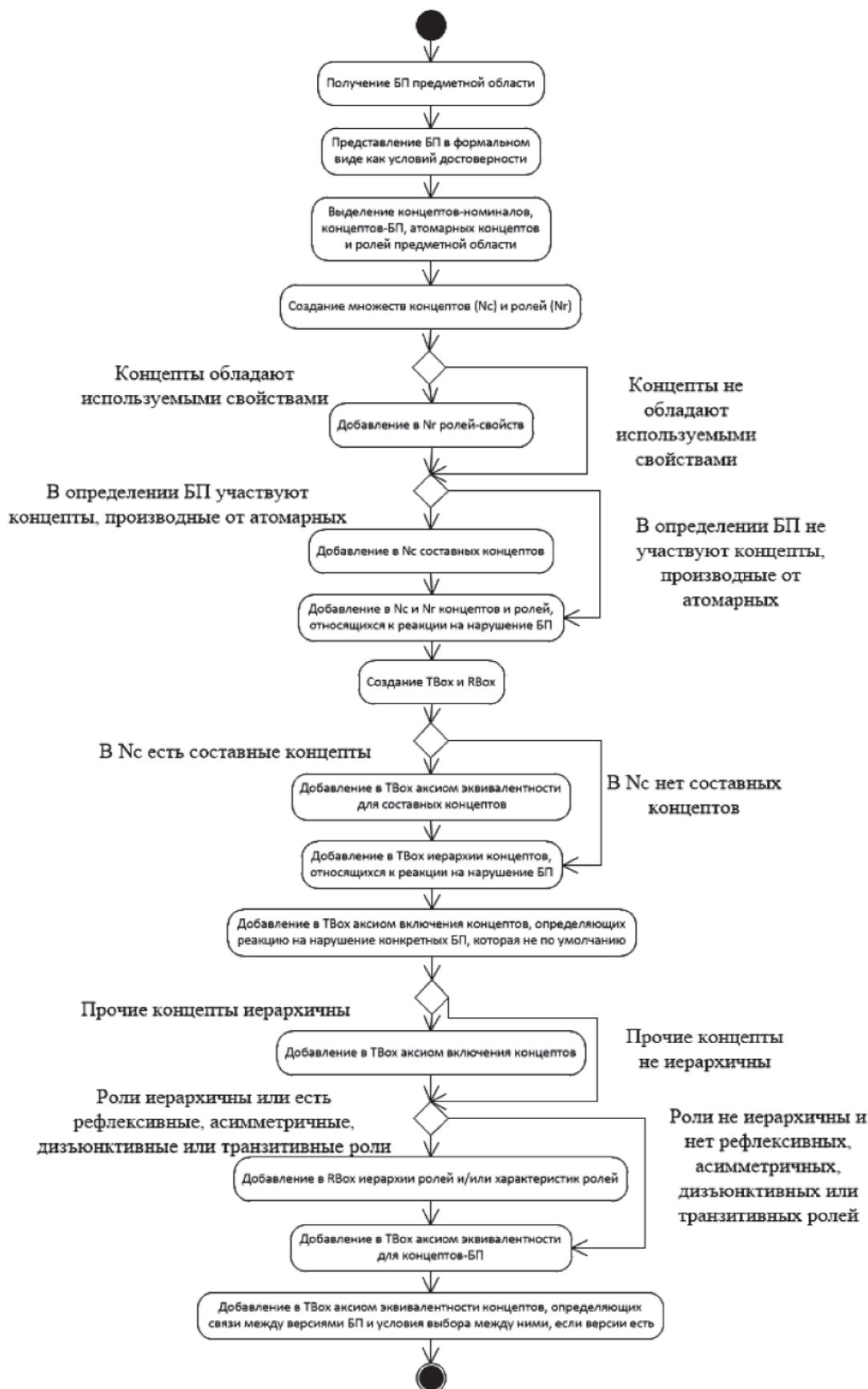
Основные принципы создания аксиом определения концептов

Основные способы определения составного концепта – с помощью конъюнкции уже имеющихся в онтологии концептов, а также с помощью ограничения значения свойства (роли). Таким образом, предлагаются следующие варианты определения составных концептов:

1) новый концепт определяется как конъюнкция существующих концептов,

$$C_{new} \equiv C_1 \cap \dots \cap C_n,$$

где C_{new} – новый концепт; $C_1 \dots C_n$ – уже существующие концепты, $n \geq 2$. Этот вариант наиболее подходит для отображения в онтологию структуры ООП-классов, то есть, для отображения наследования классов;



Методика построения онтологии набора бизнес-правил

2) новый концепт определяется как конъюнкция существующих концептов и ограничений значения свойства (роли),

$$C_{new} \equiv C_1 \cap \dots \cap C_n \cap \exists r_1 \text{.} filler_1 \cap \dots \cap \exists r_m \text{.} filler_m,$$

где C_{new} – новый концепт; $C_1 \dots C_n$ – уже существующие концепты; $r_1 \dots r_m$ – существующие роли; $filler_1 \dots filler_m$ – заполнители ролей из объединения N_C и N_P , $n \geq 1$, $m \geq 1$. Это наиболее универсальный способ определения составного концепта;

3) новый концепт определяется как конъюнкция ограничений,

$$C_{new} \equiv \exists r_1 \text{.} filler_1 \cap \dots \cap \exists r_m \text{.} filler_m,$$

где C_{new} – новый концепт; $r_1 \dots r_m$ – существующие роли; $filler_1 \dots filler_m$ – заполнители ролей из объединения N_C и N_P , $m \geq 2$. Этот способ в самостоятельном виде подходит для исключительных случаев, когда важно наличие и значение свойства, а не класс объекта.

Уже имеющийся в онтологии атомарный либо составной концепт должен выбираться разработчиком таким образом, чтобы отражать сущность предмета описания. Если выбирается более одного концепта, то они должны быть совместимы, то есть их конъюнкция не должна заведомо давать пустое множество.

Для ограничения значения свойства (роли) необходимо выбрать роль и заполнитель роли. Этот выбор должен совершаться согласно следующим правилам.

1. Выбор роли ограничивается предыдущим выбором концепта (концептов). Выбрать можно только роль, имеющую доме-

ном выбранный концепт (или хотя бы один из выбранных концептов). Соответственно, если концепт не выбирался, то есть новый концепт описывается только с помощью ограничений, то данное условие снимается. То есть если выбраны концепты $C_1 \dots C_n$, то

$$M_{role} = \{r_i \in N_R \mid r_i(C_1, D) \vee r_i(C_2, D) \vee \dots \vee r_i(C_n, D)\},$$

где M_{role} – множество доступных для выбора ролей; r_i – i -я роль из N_R ; N_R – множество ролей онтологии; D – заполнитель роли.

2. Выбор заполнителя роли ограничивается предыдущим выбором роли. Выбрать можно только заполнитель (концепт или экземпляр) из диапазона значений роли. То есть если выбрана роль r , то

$$M_{filler} = \{filler_i \in N_C \cup N_I \mid r(C, filler_i)\},$$

где M_{filler} – множество доступных для выбора заполнителей роли; $filler_i$ – i -й заполнитель роли из объединения N_C и N_I ; N_C – множество концептов онтологии; N_I – множество индивидов онтологии; C – концепт из домена роли.

Пример процесса построения сигнатуры онтологии на основе БП согласно обозначенным принципам

Набор БП содержит единственное правило «Значение ячейки строки 25 столбца 1 больше значения ячейки строки 26 столбца 1 либо равно ему». В случае нарушения этого правила должна быть произведена запись в лог-файл. Это БП может быть представлено в следующем виде:

БП ::= (((Ячейка номер_строки 25) номер_столбца 1) содержит_значение Значение1) >= (((Ячейка номер_строки 26) номер_столбца 1) содержит_значение Значение2)

Согласно описанным ранее соответствиям:

$$N_{C,nom} = \{\{1\}, \{25\}, \{26\}\};$$

$$N_{C,domain} = \{\text{Ячейка}, T\};$$

$$N_{C,br} = \{\text{Ячейка}_{25,1}^r\};$$

$$N_{C,reaction} = \{\text{Реакция_на_ошибку}, \text{Выдача_сообщения}, \text{Запись_в_лог}, \text{Выполнение_скрипта}\};$$

$$N_{R,domain} = \{\text{номер_строки}, \text{номер_столбца}, \text{содержит_значение}, \text{больше_чем_или_равно}\};$$

$$N_{R,reaction} = \{\text{выполняет_действие}\}.$$

Добавляя в N_C составные концепты, получаем следующую сигнатуру:

$$N_C = \{\{1\}, \{25\}, \{26\}, \text{Ячейка}, T, \text{Ячейка}_{25,1}^r, \text{Ячейка}_{25,1}, \text{Ячейка}_{26,1}\}$$

Реакция_на_ошибку, Выдача_сообщения, Запись_в_лог,

Выполнение_скрипта };

$$N_R = \{\text{номер_строки}, \text{номер_столбца}, \text{содержит_значение}, \text{больше_чем_или_равно}, \text{выполняет_действие}\};$$

$N_i = \{ \};$

$AVox$ пуст;

$RVox$ пуст;

$TVox$ содержит следующие аксиомы:

Ячейка_{25,1} \equiv Ячейка \cap Эномер_строки. {25} \cap Эномер_столбца. {1}

Ячейка_{26,1} \equiv Ячейка \cap Эномер_строки. {26} \cap Эномер_столбца. {1}

Ячейка_{25,1}^r \equiv (Ячейка_{25,1} \cap \exists содержит_значение. T) \cap

$\cap \exists$ больше_чем_или_равно. (Ячейка_{26,1} \cap \exists содержит_значение. T)

Выдача_сообщения \subseteq Реакция_на_ошибку

Запись_в_лог \subseteq Реакция_на_ошибку

Выполнение_скрипта \subseteq Реакция_на_ошибку

Ячейка_{25,1}^r $\subseteq \exists$ выполняет_действие. Запись_в_лог

Заключение

Как видно из представленной информации, наборы бизнес-правил контроля достоверности данных могут быть представлены в виде онтологии на основе дескрипционной логики. Такое представление позволяет обеспечивать единое непротиворечивое представление версионных наборов БП достоверности данных, а также обеспечивать ведение и анализ БП в процессе функционирования информационной системы. Предлагаемая методика построения онтологии набора бизнес-правил позволяет создавать онтологическое представление БП контроля достоверности данных для широкого класса предметных областей.

Список литературы

1. Вигерс К.И. Разработка требований к программному обеспечению: пер. с англ. – М.: Русская Редакция, 2004. – 576 с.
2. Дубинин В.Н., Вяткин В.В. Семантический анализ описаний систем управления промышленными процессами на основе стандарта IEC 61499 с использованием онтологий // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2010. – № 3 (15). – С. 3–15.
3. Фишбейн А.И. Представление наборов бизнес-правил контроля достоверности данных в виде онтологии на основе дескрипционной логики // Новые информационные технологии и системы: материалы конференции. – Пенза, 2012. – С. 329–332.
4. Фишбейн А.И., Шибанов С.В. Анализ избыточности версионного набора бизнес-правил контроля достоверности данных // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2014. – № 2. – С. 81–89.
5. Фишбейн А.И., Шибанов С.В. Перестраиваемая архитектура программных средств контроля достоверности данных в клиент-серверных информационных системах // В мире научных открытий. – 2014. – № 6.1 (54). – С. 399–423.
6. Шибанов С.В., Фишбейн А.И. Универсальный интерфейс взаимодействия компонент программных средств контроля достоверности данных // Перспективы науки. – 2014. – № 9 (60). – С. 91–100.
7. Horrocks I., Kutz O., Sattler U. The Even More Irresistible SROIQ // In Proc. of the 10th Int. Conf. on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR 2006). – AAAI Press, 2006.

8. Rudolph S. Foundations of Description Logics // In Reasoning Web: Semantic Technologies for the Web of Data, 7th International Summer School, volume 6848 of Lecture Notes in Computer Science. Springer. – 2011. – P. 76–136.

9. The Description Logic Handbook. Theory, implementation and applications / Baader F., Calvanese D., McGuinness D., Nardi D., Patel-Schneider P. – New York: Cambridge University Press, 2003. – 574 p.

References

1. Wiegiers K.E. Razrabotka trebovaniy k programmnomu obespecheniyu [Software requirements]. Moscow: Russkaya Redaktsiya Publ., 2004. 576 p.
2. Dubinin V.N., Vyatkin V.V. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki, 2010, no. 3 (15), pp. 3–15.
3. Fishbeyn A.I. Novye informatsionnye tekhnologii i sistemy. Materialy konferentsii [Proc. conference «New information technologies and systems»]. Penza, 2012. pp. 329–332.
4. Fishbeyn A.I., Shibanov S.V. Matematicheskoe i programmnoe obespechenie sistem v promyshlennoy i sotsial'noy sferakh, 2014, no. 2, pp. 81–89.
5. Fishbeyn A.I., Shibanov S.V. V mire nauchnykh otkrytiy, 2014, no. 6.1 (54), pp. 399–423.
6. Shibanov S.V., Fishbeyn A.I. Perspektivy nauki, 2014, no. 9 (60), pp. 91–100.
7. Horrocks I., Kutz O., Sattler U. In Proc. of the 10th Int. Conf. on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR 2006). AAAI Press, 2006.
8. Rudolph S. Foundations of Description Logics // In Reasoning Web: Semantic Technologies for the Web of Data, 7th International Summer School, volume 6848 of Lecture Notes in Computer Science. Springer. 2011. pp. 76–136.
9. The Description Logic Handbook. Theory, implementation and applications / Baader F., Calvanese D., McGuinness D., Nardi D., Patel-Schneider P. New York: Cambridge University Press, 2003. 574 p.

Рецензенты:

Макарычев П.П., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Математическое обеспечение и применение ЭВМ», Пензенский государственный университет, г. Пенза;

Андреев В.Г., д.т.н., профессор, зав. кафедрой ЕНТД, Кузнецкий институт информационных и управленческих технологий, г. Кузнецк.