

ПОДХОД К ПОДДЕРЖКЕ КРОСС-ИДЕНТИФИКАЦИИ В СИСТЕМАХ ДИНАМИЧНЫХ ТАКСОНОМИЙ

Маслов М. А.¹, Исмаилова Л. Ю.², Косиков С. В.¹, Вольфенгаген В. Э.²

¹Институт «ЮрИнфоР-МГУ», Москва, Россия; (119435, г. Москва, Малая Пироговская, дом 5), email: info@jurinfor.ru

²НИЯУ МИФИ, Москва, Россия, (115309, Москва, Каширское шоссе 31, кафедра 22), email: lyu.ismailova@gmail.com

В работе изучаются подходы к построению формальной основы для разработки информационных систем для правоприменительной деятельности, поддерживающих механизмы специализированной кросс-идентификации (КИ). Изучаются структуры, которые могут быть использованы для представления КИ, а также методы построения интерпретаций с учётом КИ. Рассматриваются некоторые типовые примеры использования КИ. Примеры включают различные способы использования КИ, в том числе для описания различных способов получения информации об объекте КИ. В качестве средства формального представления КИ вводятся точки соотнесения. Выявляется связь КИ с реализацией семантик пропозициональных установок (ПУ). Показано, что поддержка динамических таксономий (ДТ) может рассматриваться в качестве ПУ специального вида, и в качестве таковой может поддерживаться за счёт манипулирования КИ. Прототипирование выполнено для КИ предметных переменных.

Ключевые слова: информационные системы, концептуальные модели, семантика, динамические таксономии, кросс-идентификация.

THE APPROACH TO SUPPORT A CROSS-IDENTIFICATION IN SYSTEMS OF DYNAMIC TAXONOMYS

Maslov M. A.¹, Ismailova L. Y.², Kosikov S. V.¹, Wolfenggen V. E.²

¹Institute «Jurinfor-MGU», Moscow, Russia (119435, г. Moscow, Malaya Pirogovskaya str., house 5), email: info@jurinfor.ru

²NRNU MEPhI, Moscow, Russia (115309, Moscow, Kashirskaya str. 31, dep. 22), email: lyu.ismailova@gmail.com

This paper studies approaches to constructing a formal basis for the development of information systems for law enforcement, supporting mechanisms of specialized cross-identification (CI). We study the structure that can be used to represent the CI, as well as methods for constructing interpretations based CI. We examine some typical examples of the use of CI. Examples include various methods of CI use are examined, including the description of the various methods of obtaining information about the CI. Assignment points are introduced as a means of a formal representation of the CI. We also establish relationships of the implementation of the CI with the semantics of propositional units (PU). It is shown that support for dynamic taxonomies (DT) can be seen as a special kind of PU, and as such, can be maintained by manipulating the CI. Prototyping holds for CI of individual variables.

Key words: information systems, conceptual models, semantics, dynamic taxonomy, cross-identification.

Информационные системы (ИС), как основанные на использовании методов концептуального моделирования (КМ) [1], так и включающие лишь отдельные элементы методов КМ, широко используют для описания объектов абстракцию концептуальной классификации, которая носит название таксономии [2]. Таксономия подразумевает выделение классов, на которых устанавливается отношение частичного порядка (рефлексивное, антисимметричное, транзитивное) [2]. С логической стороны таксономия основана на установлении истинности формул вида $\forall x P(x) \Rightarrow Q(x)$.

В случае информационного моделирования предметной области (ПО), характеризующейся динамичностью, т.е. возможным изменением объёма рассматриваемых

понятий в зависимости от параметра (времени, аспекта рассмотрения и т.д.) [4], такое изменение должно отражаться в соответствующем изменении таксономического отношения. Эта особенность характерна, в частности, для сферы юриспруденции [5, 9]. Соответствующая модель ПО должна обеспечивать средства параметризации этого отношения, которое будем называть динамичной таксономией (ДТ). Системы, поддерживающие такие изменения, далее будем называть ИС поддержки динамичных таксономий (ИСПДТ).

Хотя понятие ИСПДТ ранее не выделялось и составляет элемент новизны настоящего исследования, их проектирование неизменно являлось актуальной задачей на протяжении последних десятилетий. В частности, в области реляционных БД требование поддержки ДТ формулировалось неявно при рассмотрении классов ограничений целостности, выполняющихся при изменении БД со временем (в том числе связывающих старые и новые значения данных). В области объектно-ориентированных языков программирования тенденция поддержки ДТ проявляется в смещении интереса от статически описываемых объектных систем к системам динамически формируемых наборов атрибутов (Ruby, Python). Настоящая работа нацелена на поиск систематического подхода к описанию ДТ для отдельных синтаксических конструкций, значимых для ИС в правоприменительной деятельности. Средства программной поддержки ориентированы на использование предлагаемых конструкций разными группами пользователей, как разработчиками ИС, так и экспертами конкретной ПО. Средства могут быть задействованы на этапах создания и сопровождения ИС, а также в процессе применения ИС в ходе описания конкретных событий, происходящих в ПО (в том числе, например, событий правонарушений и преступлений). Как показывает практика, бессистемное использование различных вариантов средств динамического наследования как в системах функционального программирования типа ЛИСП, так и в объектно-ориентированных системах (Smalltalk, Python), приводит к появлению концептуально неясных решений, которые с трудом могут быть освоены и использованы экспертами ПО при работе с ДТ. Предлагаемая техника ориентирована на поиск решения этой проблемы.

Одним из источников динамики ПО является необходимость учёта мнений различных субъектов ПО, например, при описании события преступления. Мнения также могут быть параметризованы, в частности, могут изменяться во времени. Принципиальной оказывается поддержка идентичности объектов модели ПО при изменении состояния системы.

Формальные средства описания зависимости объектов модели от параметра (мнения субъекта, времени) должны устанавливать соответствие объектов в различных состояниях модели. Такое соответствие, а также процесс его установления, называется кросс-

идентификацией (КИ) [6]. В настоящей работе предлагается использовать формальный язык, включающий операторы, обеспечивающие КИ.

Средства описания субъективных мнений, состояний знания и т.д. ранее интенсивно исследовались, в частности, при построении различных расширений классической логики, включающих эпистемическую логику или логику пропозициональных установок (ПУ) [6]. В частности, в работе [7] собрано много примеров использования ПУ и выделены некоторые трудности, возникающие при построении логики ПУ. В то же время пути преодоления возникающих трудностей остаются дискуссионными. Настоящая работа нацелена на поиск подходов к построению ИСПДТ на основе выразительных возможностей, обеспечиваемых за счёт использования ПУ.

1. Язык

Описание ПО производится на некотором языке, который далее будем называть «предметный язык» (ПрЯз). Построение формализованных моделей ПО требует построения формализаций некоторых конструкций ПрЯз в рамках формально определённого языка, который далее будет называться формализованным предметным языком (ФПЯз). Приведём определения ФПЯз, включая определения формулы и контекста.

Определение. Алфавит ФПЯз включает:

- (1) счётное число предметных констант a_1, a_2, \dots . Предметные константы будем обозначать также b, c, \dots , возможно, прописными буквами, возможно, с индексами;
- (3) счётное число предметных переменных x_1, x_2, \dots . Предметные переменные будем обозначать также y, z, \dots , возможно, с индексами. Для обозначения *термов* ФПЯз, которые могут быть либо предметными константами, либо предметными переменными, будем использовать буквы r, s, t, \dots , возможно, с индексами;
- (4) конечное или счётное число предикатных констант $P^0_1, P^0_2, \dots, P^1_1, P^1_2, \dots, P^2_1, P^2_2, \dots$. Предикатные константы будем обозначать также Q, R, \dots , возможно, с индексами;
- (5) конечное или счётное число символов операторов $V^{0,1}_1, V^{0,1}_2, \dots, V^{0,2}_1, V^{0,2}_2, \dots, V^{1,1}_1, V^{1,1}_2, \dots$. Символы операторов будем обозначать также M, N, \dots , возможно, с индексами;
- (6) логические символы $\neg, \wedge, \vee, \Rightarrow, \Leftrightarrow, \forall, \exists$.

Для *формул* принимается обычное определение (см., например, [8]), расширенное следующим пунктом: если t_1, \dots, t_m – термы, Ψ_1, \dots, Ψ_n – формулы, то $V^{m,n}_k(t_1, \dots, t_m; \Psi_1, \dots, \Psi_n)$ – формула. Здесь термы t_1, \dots, t_i соответствуют субъектам, об установках которых идёт речь, а Ψ_1, \dots, Ψ_j – формулам, представляющим значения установок. Формулы указанного вида являются средствами формализации ПУ в используемом ФПЯз. Далее будем называть a_1, \dots, a_i *субъектами* соответствующей ПУ, а Ψ_1, \dots, Ψ_j – *объектами* ПУ.

Определим далее (синтаксический) контекст как формулу, в которой имеется одно

или несколько подстановочных мест. Такие места будем обозначать квадратными скобками. Формально определение синтаксического контекста дословно совпадает с определением формулы (с заменой термина «формула» на «контекст») за исключением того, что добавляется пункт: [] – контекст. Определим также *установочный контекст*, как контекст, имеющий вид $V^{ij}_k(t_1, \dots, t_i, \Psi_1, \dots, \Psi_j)$, в котором подстановочные места находятся внутри Ψ_1, \dots, Ψ_j . Прямое, но достаточно длинное формальное определение без труда восстанавливается.

Пример. Пусть предметная константа ФПЯз a_3 соответствует фрагменту предложения ПрЯз «следователь», a_8 – «нож», P^1_2 – «является оружием» и $V^{1,1}_1$ – «... считает, что ...». Тогда $V^{1,1}_1(a_3; P^1_2(a_8))$ – формула, $V^{1,1}_1(a_3; [])$ и $V^{1,1}_1([]; P^1_2(a_8))$ – контексты. В приведённой выше формуле терм a_3 формализует субъект – «следователь», а $P^1_2(a_8)$ – содержание ПУ («нож является оружием»).

В дальнейшем понятие контекста будем относить как к фрагменту предложения ПрЯз, так и к его формализованному аналогу.

2. Цель исследования (постановка задачи)

В работе ставится задача построения формальной основы для разработки ИС для правоприменительной деятельности, поддерживающих механизмы специализированной КИ. Изучаются структуры, которые могут быть использованы для представления КИ, а также методы построения интерпретаций с учётом КИ. На основе выявленной возможности увязывания КИ с реализацией семантик ПУ определяется подход к поддержке ДТ.

Формальные средства отображения ПУ обеспечивают управление означиванием формул – объектов ПУ в зависимости от заданных термов – субъектов ПУ. Такой способ управления может использоваться для реализации параметрически означиваемых формул, обеспечивающих, в том числе, поддержку ДТ. Это принципиальное положение позволяет сформулировать постановку задачи поддержки ДТ на основе управления ПУ, как задачи создания теоретических методов, принципов построения ИС и принципиальных методик их использования, обеспечивающих обработку ПУ с учётом необходимости изменения интерпретации ПрЯз, в том числе в ходе решения задачи.

Теоретические методы описания динамичных ПУ для КИ должны обеспечивать: (1) построение синтаксических средств задания ПУ, включающих средства задания способов КИ и связывания их с ПУ; (2) построение средств интерпретации ПУ, в том числе средств выбора способов КИ, адекватных в том или ином синтаксическом контексте; (3) определение способов настройки контекста ПУ по способу КИ, в том числе на основе ранее заданных ПУ, а также с учётом возможности вложенных ПУ.

ИС поддержки ДТ, управляемых ПУ, должны обеспечивать средства: (1) задания

операторов, представляющих формальные аналоги ПУ, в том числе с учётом количества и типа аргументов оператора; (2) определения способов вычисления значений ПУ в данном контексте с учётом набора приписанных способов КИ; (3) параметризации значений выражений с учётом КИ в зависимости от ранее заданных конструкций ФПЯз, а также параметризации дальнейших вычислений.

Принципиальные методики использования ИС должны формулировать основные задачи, решаемые с помощью ИС, последовательность решения таких задач и получаемые результаты. Принципиальный характер методик заключается в определении необходимых действий без привязки к специфике ИС. Такие методики должны обеспечивать:

- выделение и описание типов ПУ, характерных для ПрЯз конкретной задачи;
- описание способов КИ, обеспечивающих интерпретацию ПУ, включая возможность связывания способов КИ с выделенными типами ПУ;
- описание способов изменения интерпретации выражений в зависимости от результатов ранее полученных означиваний ПУ.

3. Организация управления изменениями ПУ и механизмы поддержки КИ

Для практической реализации указанных методов и средств предлагается организовать управление изменением интерпретации ПУ в ходе изменений интерпретации ПрЯз на основе механизма КИ, а также обеспечивать управление динамикой изменения интерпретации ПрЯз на основе определения новых ПУ. Опыт разработки формальных систем, в том числе аппликативного типа [1, 5, 9, 10], позволяет рассчитывать на формальное описание механизмов поддержки КИ, обеспечивающих выполнение сформулированных требований.

3.1. Вычисление дескрипций в различных точках соотнесения

Формализации ПрЯз, обеспечивающие решение задачи построения динамических моделей, управляемых ПУ, естественно искать на основе систем интенциональной логики. В настоящей работе в качестве базы для получения решения предлагается метод построения системы интенциональной логики, представляющий собой вариант общего подхода [6, 10]. При этом подходе рассматривается множество возможных миров, или, принимая нейтральную терминологию [10], *точек соотнесения* (ТС). Означивание синтаксических конструкций при этом собирается из частичных означиваний, относящихся к отдельным ТС.

Существо предлагаемого подхода состоит в рассмотрении субъектов ПУ в качестве дескрипций специального вида. Способ означивания дескрипций, находящихся в контексте ПУ (т.е. в области действия оператора V_{k}^{ij}), зависит от тех особенностей ПрЯз, которые требуют формализации и интерпретации в контексте решаемой задачи. Рассмотрим некоторые возникающие здесь варианты.

Одним из наиболее простых случаев является синонимия. Представляется, что интерпретация подобных примеров может адекватно поддерживаться на основе выделения двух классов ТС. В одном из этих классов интерпретация синонимичных терминов ПрЯз совпадает, в другом различна. Управление означиванием в этом случае состоит в таком определении КИ, что она предписывает вычисление внутри мира, выбираемого из того класса, который необходим для получения заданного означивания.

Другим случаем является различие методов КИ (дескриптивный/перцептивный), условий КИ при заданном методе и т. д. В этом случае для означивания необходимо порождение такого количества ТС, которое определяется множеством значений параметров соответствующего параметризованного способа КИ. В зависимости от параметра производится выбор конкретной ТС для означивания.

Способ КИ в каждом случае представлен в виде функции поддерживающей системы программирования. В случае ограниченного, заранее заданного набора ТС такая функция может быть представлена в табличном виде. В общем случае, однако, функция предполагает выполнение поиска необходимой ТС в зависимости от свойств, заданных при формализации ПрЯз. Такие свойства могут быть представлены как атрибуты объекта, представляющего ТС.

При решении конкретной задачи для каждого рассматриваемого ПрЯз оказывается возможным выделить адекватные классы выражений, требующих уточнения в контекстах ПУ. Предположение о возможности выделения таких классов представляет собой одно из свойств задачи, существенных для успешного построения ИСПДТ.

3.2. Динамичный характер таксономий

Формально различные виды динамичности модели могут быть описаны при помощи определения отношений частичного порядка на ТС (или их части), в том числе задающих течение времени. Частные свойства вводимых отношений частичного порядка описывают различные предположения относительно характера течения времени (непрерывность/дискретность, возможность разветвления и т.д.). В этом случае динамичный характер модели обеспечивается сочетанием использования операторов ПУ с оператором течения времени.

Более интересным и, с точки зрения поддержки с помощью механизмов аппликативного типа, более обещающим оказывается тот факт, что для интерпретации ПУ необходимо определить ТС, представляющую фрагмент ПО с точки зрения субъекта ПУ. В общем случае такая ТС должна быть порождена динамически в ходе построения означивания. Поэтому интерпретация ПУ в общем случае предполагает необходимость реализации механизма генерации ТС в ходе означивания. Возможность использования итерированных операторов ПУ приводит к тому, что для интерпретации выражения оказывается необходимым порождение нескольких ПУ, причём ограничения на их

количество заранее не могут быть установлены.

Предлагаемые средства интерпретации ПУ обеспечивают формализацию ПрЯз (и описание соответствующих ФПЯз), содержащих механизмы поддержки как внешней, так и внутренней динамики. Представляется, что сочетание возможностей указанных механизмов позволит обеспечить высоко динамичный характер получающихся моделей.

4. Средства поддержки

Проектирование средств поддержки разработки ИС, поддерживающих модели ПУ, включает прежде всего разработку соответствующих языковых средств. Предлагаемые методы описания динамичных ПУ обеспечивают построение синтаксических средств задания ПУ, включающих задания средств КИ и связывания их с ПУ, построение средств интерпретации ПУ, а также определение способов настройки контекста ПУ по способу выбора средства КИ. Уточнение конструкций языка ИС, ориентированных на отображение ПУ, обеспечивает основу для определения соответствующих механизмов означивания.

В соответствии с общим принципом, сформулированным в п. 3.1, такие языковые средства основаны на задании дескрипций специального вида, уточняющих прагматический контекст вычисления выражений, находящихся в области действия ПУ. Существенным элементом такого контекста, как было показано, является набор средств КИ, связанных с некоторыми подтермами формулы, представляющей ПУ.

Одним из наиболее традиционных подходов является соединение конструкции, задающей КИ, с квантором, связывающим соответствующий терм. Представляется, однако, что такой способ задания КИ может иметь лишь ограниченную область применения, так как при обычном определении ФПЯз квантором могут быть связаны далеко не любые объекты (в случае языка первого порядка – только предметные переменные).

В рамках общих систем интенциональной логики [6], в том числе предложенных в работах авторов [4], обработка интенциональных контекстов обеспечивается за счёт определения означиваний предикатов как функций общего вида, аргументами которых в свою очередь являются функции на ТС, значениями которых считаются индивиды. Указанная общая техника может использоваться, в частности, и для интерпретации ПУ. Представляется, однако, что в большинстве практически интересных примеров указанный способ оказывается достаточно громоздким. Интерпретация, основанная на «растворении» КИ в означиваниях предикатов, как ожидается, потребует дополнительных средств выделения практически интересных случаев КИ. Поэтому представляется разумным сочетать указанный выше общий подход со средствами специализации задания средств КИ.

Выводы

В работе на основе изучения понятия ПУ и анализа ряда проблем, возникающих при

представлении ПУ и определении их семантики, был предложен подход к построению систем поддержки ДТ на основе построения динамических моделей, управляемых ПУ. Как представляется, подход обеспечивает задание способов интерпретации ПУ с учётом необходимости выполнения КИ заранее заданными способами, а также настройку интерпретации ПУ в зависимости от хода решения задачи, включающего результаты означивания определённых ранее ПУ. Показано, что поддержка динамических таксономий (ДТ) может рассматриваться в качестве ПУ специального вида, и в качестве таковой может поддерживаться за счёт манипулирования КИ.

Отдельные элементы предлагаемой концепции были опробованы ранее при построении ИСПДТ в области правоприменительной деятельности и хорошо согласованы с концепциями построения вычислителей аппликативного типа.

Работа выполнена в рамках грантов РФФИ № 11-07-00096 и №12-07-00554.

Список литературы

1. Вольфенгаген В. Э. Методы и средства вычислений с объектами. Аппликативные вычислительные системы. – М.: JurInfoR Ltd., АО "Центр ЮрИнфоР", 2004. – 787 с.
2. Вольфенгаген В. Э. Логика. Конспект лекций: техника рассуждений. – М.: JurInfoR Ltd., АО "Центр ЮрИнфоР", 2004. – 229 с.
3. Вольфенгаген В. Э., Исмаилова Л. Ю., Косиков С. В. Парадигма функционального программирования – М.: АО "Центр ЮрИнфоР", 2012. – 96 с.
4. Исмаилова Л. Ю., Косиков С. В. Соотнесение семантик против семантики соотнесений. Технологии информационного общества. //Интернет и современное общество: труды VI Всероссийской объединенной конференции. – Санкт-Петербург, 3-6 ноября 2003 г. – СПб.: Изд-во филол. ф-та СПбГУ, 2003. – С. 17-22.
5. Исмаилова Л. Ю., Косиков С. В. Информационное моделирование динамических рассуждений на примере юридической деятельности // Технологии информационного общества Интернет и современное общество: Материалы Всероссийской объединенной конференции. – СПб., 20–23 ноября 2001 г. – СПб.: Изд-во С.-Пб. ун-та, 2001. – С.36–43.
6. Семантика модальных и интенциональных логик: пер с англ. / сост., общ. ред. и вступ. ст.: [В. А. Смирнов](#) ; пер. с англ.: [А. А. Мучник](#), [\[и др.\]](#). – М.: Прогресс, 1981 . – 424 с.
7. Сааринен Е. Являются ли суждения объектами пропозициональных установок?// Модальные и интенциональные логики и их применение к проблемам методологии науки. – М.: Наука, 1984. – 368 с.

8. Клини С. К. Математическая логика. – М.: Мир, 1973. – 368 с.
9. Ismailova L. Y., Kosikov S. V. Applicative models, semantic scalability and specialized calculations for business games in jurisprudence // Proceedings. International workshop «Innovation technologies – Theory and Practice», Dresden, September 06-10, 2010 Germany, Dresden-Rossendorf, FDZ, 2010. – P. 33-35.
10. Ismailova L. Y., Kosikov S. V., Zaytsev A. E. Applicative computational technologies for generating the families of simulating business games // Proceedings of the 11th international workshop on computer science and information technologies CSIT'2009. – Crete, Greece, UGATU, 2009. – Vol. 2. – P. 35-39.

Рецензенты:

Загребяев Андрей Маркоянович, д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой кибернетики, НИЯУ МИФИ, г. Москва.

Лебедев Георгий Станиславович, д-р техн. наук, заместитель директора, ЦНИИ ОИЗ, г. Москва.

Сальников Игорь Иванович, доктор технических наук, профессор Пензенской государственной технологической академии, зав. кафедрой "Вычислительные машины и системы", г. Пенза.