

СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ДЕСКРИПЦИЙ

Исмаилова Л. Ю.¹, Косиков С. В.²

¹Институт «ЮрИнфоР-МГУ», Москва, Россия; (119435, г. Москва, Малая Пироговская, дом, 5), email: lyu.ismailova@gmail.com

²НИЯУ МИФИ, Москва, Россия, (115309, Москва, Каширское шоссе, 31, кафедра 22), email: info@jurinfor.ru

Предлагаются формализованные средства специализации концептуальных моделей (КМ) для предметных областей (ПО), предполагающих построение и исследование интенциональных сущностей. В качестве основного средства специализации предлагаются пропозициональные концепты интенционального вида. Концепты включаются в синтактико-семантическую систему, обеспечивающую выделение индивидов и их классификацию на возможные, действительные и виртуальные индивиды. Выделяются специализированные термины, значениями которых могут быть индивиды – определённые дескрипции, задаётся их интерпретация и изучаются её свойства. Для уточнения статуса действительных индивидов используется формализм точек соотнесения, между которыми, в свою очередь, могут устанавливаться отношения более высокого порядка. Выполняется исследование различных конструкций, используемых при моделировании, в том числе экстенциональных и интенциональных предикатов. Проводится классификация определённых дескрипций по степени определенности, включающая определение частичного порядка на интерпретациях дескрипций.

Ключевые слова: информационные системы, концептуальные модели, точки соотнесения, семантика, определённые дескрипции, экстенциональные предикаты, интенциональные предикаты.

CONCEPTUAL MODEL SPECIALIZATION BY DEFINITE DESCRIPTIONS USING

Ismailova L. Y.¹, Kosikov S. V.²

¹Institute «Jurinfor-MGU», Moscow, Russia; (119435, г. Moscow, Malaya Pirogovskaya str., house 5), email: lyu.ismailova@gmail.com

²NRNU MEPhI, Moscow, Russia, (115309, Moscow, Kashirskaya str., 31, dep. 22), email: info@jurinfor.ru

The paper offers formal means of specialization of conceptual models for problem domains involving the construction and study of intensional entities. The primary means of specialization include propositional concepts of an intensional view. Concepts are included in the syntactic-semantic system, providing a selection of individuals and their classification into the possible, the real and the virtual individuals. Specialized terms are proposed, the values of which can be individuals – definite descriptions given by their interpretation, and study its properties. To clarify the status of the actual individuals the system uses the formalism of assignment points, between which, in turn, can be set relations of a higher order. Research was performed on the various structures used in the simulation, including the extensional and intensional predicates. A classification of definite descriptions was made by the degree of certainty, including the definition of a partial order on descriptions interpretations.

Key words: information systems, conceptual models, assignment points, semantics, definite descriptions, extensional predicates, intensional predicates.

Специализация КМ [1] для отображения особенностей сложно устроенных предметных областей (ПО) предполагает использование неклассических логических систем, в том числе интенциональных логик [3]. Характеристика сложно устроенных ПО приведена в [2, 4]. В работе предлагается формализация базисной системы интенциональной логики, содержащая операторы определённых дескрипций. Дескрипции используются для определения объектов ПО по заданным свойствам, что позволяет расширить возможности языков прикладных компьютерных информационных систем.

Возможности использования дескрипций для описания специализированных

индивидов ПО исследуются достаточно давно, начиная с Б. Рассела и А. Уайтхеда. Существенной чертой большинства предлагавшихся систем является возможность элиминации дескрипций, обеспечивающей переход к описанию в формулах базовой логической системы. Представляется, однако, что элиминируемость играет меньшую роль, чем возможность определения точной семантики дескрипций, обеспечивающей их включение в однородную вычислительную модель.

Подход к реализации системы предполагается выполнить на основе представления аппарата дескрипций в аппликативном виде [1], обеспечивающем выполнение некоторых видов функциональной абстракции. При этом подходе лямбда-выражение, полученное в результате абстракции, оказывается представленным в виде специальной дескрипции высшего порядка [1]. Дескрипции, таким образом, оказываются одним из «мостов» между логическими и аппликативными методами описания ПО, что может быть положено в основу трансформационной семантики языка прикладных систем.

1. Язык

Алфавит используемого языка включает следующие символы:

- (1) предметные константы $a_1, a_2, \dots, a_n, \dots$. Константы также будут обозначаться буквами b, c, \dots , возможно, с индексами;
- (2) предметные переменные $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$. Переменные также будут обозначаться буквами y, z, \dots , возможно, с индексами;
- (3) предикатные константы $P^1_1, P^1_2, \dots, P^m_n, \dots$. Предикатные константы также будут обозначаться буквами Q, R, \dots , возможно, с индексами. Нижние индексы служат для нумерации соответствующих элементов (констант, переменных и т.д.). Верхние индексы предикатных констант показывают число аргументных мест соответствующей константы.
- (4) логические символы $\neg, \wedge, \vee, \Rightarrow, \Leftrightarrow, \forall, \exists, I, =$;
- (5) скобки $\langle \langle \rangle \rangle$ и запятая $\langle \rangle$;

Будем использовать также некоторые символы, значение которых в рамках рассматриваемой семантики может быть определено. Среди таких «производных» символов будем выделять «ограниченные» кванторы $\forall \cdot, \exists \cdot$ и оператор дескрипции $\cdot \dot{\cdot}$. Характер этого ограничения будет подробнее описан ниже.

Термы и формулы языка определяются в виде индуктивных классов. Поскольку возможны случаи как включения терма в формулу, так и обратного включения, классы термов и формул должны определяться одновременно. С учётом этого замечания классы термов и формул строятся обычным образом, причём в определение терма добавляется пункт: если Φ – формула, то $Ix \cdot \Phi(x)$ – терм. Примем также обычное соглашение о скобках, позволяющее опускать избыточные пары скобок.

2. Семантические домены

В работе будем использовать семантический метод [1, 2]. Будем строить интерпретацию конструкций языка в виде отображения в элементы некоторого набора сущностей, находящихся вне рассматриваемого языка. Такие сущности также должны быть определены в рамках выбранной заранее формальной системы (ФС). Будем говорить, что выбранная ФС используется для построения семантики языка, а сущности определяемого набора соответственно называть семантическими.

В качестве базисной примем теоретико-множественную модель, согласно которой семантические сущности рассматриваются как множества. При этом дополнительная структура, которой наделяются рассматриваемые множества, каждый раз задаётся явным образом. Интерпретация, рассматриваемая как семантическое отображение, может отображать различные классы языковых выражений в различные выделенные множества. Возможно также рассмотрение «дополнительных» множеств, которые не служат сами в качестве областей интерпретации, но используются для построения таких областей. В дальнейшем множества, служащие для построения интерпретации, будем называть *семантическими доменами (СД)*.

Возможно рассмотрение альтернативных моделей, в которых СД изначально наделяются определённой дополнительной структурой (например, структурой булевых алгебр) или, наоборот, рассматриваются как конструктивы формальной теории, независимой от теоретико-множественной парадигмы (такой, как теория категорий). В этом смысле термин «семантический домен» является нейтральным, так как не ведёт к принятию ограничительных теоретико-модельных предположений.

При построении предлагаемой интерпретации будем использовать следующие семантические домены: D – множество возможных индивидов; V – множество виртуальных индивидов; Asg – множество точек соотнесения; 2 – множество значений истинности. Использование доменов при построении интерпретации далее будут подробно обсуждаться при задании семантических отображений.

3. Цель исследования

Определение возможных средств специализации КМ и поддержки реализации соответствующих механизмов позволяет сформулировать требования к формальным средствам поддержки специализации: (1) определение языковых средств описания КМ; (2) введение в язык средств описания индивидов с заданными свойствами в виде определённых дескрипций; (3) обеспечение механизма вычисления означиваний конструкций языка. Далее в работе излагается вариант подхода к обеспечению этих требований.

В качестве дополнительного требования к средствам специализации может

выдвигаться необходимость обеспечения функционального характера процедуры означивания. Функциональный подход позволяет обеспечить реализацию в рамках аппликативных вычислительных систем, что, как показывает практика [2, 4], обеспечивает возможность получения средств с настраиваемой семантикой.

4. Индивиды

Предполагаем, что индивид – исходное, неопределяемое понятие. Множество индивидов будем обозначать D . Принципиальной особенностью предлагаемой семантики считается то, что множество индивидов D дано заранее. Это требование накладываемся, так как в случае, когда множество индивидов D расширяется в ходе исследования (т.е. производится переход от D к некоторому D' , такому, что $D \subseteq D'$), возможно получение парадоксальных результатов. В частности, затрудняется применение классической логики в метаязыке. На самом деле принятие такого предположения не ограничивает общности, так как вводимая семантика будет содержать описанные ниже специальные средства описания изменения области интерпретации.

При рассмотрении индивидов будем различать действительные, возможные и виртуальные индивиды, причём область D будем считать областью возможных индивидов. Будем также рассматривать область виртуальных индивидов V , которые будем понимать как некоторые идеальные объекты, вводимые для того, чтобы увеличить закономерность в рассматриваемом языке.

В некоторых случаях виртуальные объекты могут быть элиминированы (т.е. каждому выражению, содержащему виртуальный объект, может быть сопоставлено эквивалентное выражение, не содержащее такого объекта). Однако такая элиминация в общей интенциональной логике может порождать проблемы, так как при наличии нескольких вхождений такого объекта в выражение он может в различных контекстах вести себя по-разному. Элиминация в этом случае может исказить семантику, что неоднократно отмечалось, в частности, при попытках построения реляционных операторов над частично определёнными данными. Для обеспечения аккуратного исследования возникающих семантических возможностей не будем заранее предполагать возможность элиминации объектов; наоборот, будем считать выражения для виртуальных объектов, действительно именуемыми абстрактными объектами.

В итоге в модели различаются действительные, возможные и виртуальные индивиды. Обозначим область действительных индивидов через A . Для учёта зависимости множества действительных индивидов от точки соотнесения A должно быть заменено семейством областей A_k . Тогда $A_k \subseteq D \subseteq V$. Множество действительных индивидов в точке соотнесения k_n будем обозначать A_n вместо A_{kn} .

5. Точки соотнесения

Для выражения зависимости означивания конструкций модели от параметра будем использовать индексные выражения. Возьмём фиксированное множество индексов, которые будем далее называть точками соотнесения [3], так как для определения значения выражения необходимо «соотнести» его с точкой. Множество точек соотнесения будем обозначать A_{sg} , отдельные точки соотнесения будем обозначать $k \in A_{sg}$. Прежде всего, отметим индексами систему действительных индивидов, положив возможно различные, $A_k \subseteq D$ для каждого $k \in A_{sg}$. Не предполагается одно-однозначного соответствия между A_k и k , так как элементы множества A_{sg} могут обладать структурой, не полностью отражающейся в отличиях одного A_k от другого.

Для учёта зависимости значений выражений от индексов вводятся выражения языка, в которых делается неопределённая ссылка на индекс. В функциональных системах программирования это соответствует формированию замыкания. В качестве примера рассмотрим выражение с квантификацией. Пусть имеется квантор \forall , связывающий переменную x , пробегающую по области D . Теперь введём квантор по «действительным» индивидам $\forall.$, где точка обозначает указание на неопределённый индекс. Таким образом, даже если известно значение предиката P , невозможно сказать, является ли значение $\forall.x P(x)$ истинным или ложным. Однако если выделить некоторое $k \in A_{sg}$, то относительно этого индекса предложение имеет определённое истинностное значение; а именно, оно истинно, если $P(a)$ истинно для всех $a \in A_k$. Но пока не будет указано на некоторое $k \in A_{sg}$, область значения квантифицированной переменной остаётся неизвестной.

6. Интерпретация

Определим интерпретацию термов τ и формул Φ в точке соотнесения k . Интерпретацию формулы Φ в точке соотнесения k будем обозначать $\|\Phi\| k = v$. Далее будем рассматривать интерпретации различных языковых конструкций и вводить семантические домены, необходимые для построения интерпретаций.

Примем обозначения истинностных значений: будем писать 1 для обозначения *истины* и 0 для обозначения *лжи*. Далее, утверждению Φ сопоставим функцию $\|\Phi\|$, определённую на A_{sg} , со значениями из множества 2. Иначе говоря, будем писать $\|\Phi\| k = 1$, когда Φ *истинно относительно* k . Множество функций, определённых на A , со значениями из B , будет обозначаться $A \rightarrow B$. Тогда $\|\Phi\| \in A_{sg} \rightarrow 2$, если $\|\Phi\| k \in 2$, где $k \in A_{sg}$.

Для объяснения значения пропозициональных связок дадим обычные определения:

$(\neg) \|\neg \Phi\| k = 1$ т. и т.т., к. $\|\Phi\| k = 0$; $(\wedge) \|\Phi \wedge \Psi\| k = 1$ & т. и т.т., к. $\|\Phi\| k = 1$ и $\|\Psi\| k = 1$;

$(\forall) \|\Phi \vee \Psi\|_k = 1$ & т. и т.т., к. $\|\Phi\|_k = 1$ или $\|\Psi\|_k = 1$

Отметим, что принятая интерпретация пропозициональных связок в данном случае *экстенциональна* – в каждой точке соотнесения значение формулы, главным знаком которой является пропозициональная связка, является функций значений подформул этой формулы в той же точке соотнесения.

Введём в язык (для интерпретации кванторов и дескрипций) константы \bar{a} для всех $a \in V$. Обратим особое внимание на то, что константы вводятся для всех виртуальных индивидов (не только возможных). Предполагаем далее, что соответствие между a и \bar{a} является взаимно однозначным. Таким образом, (1) \bar{a} определено для всех a , т.е. ни один виртуальный объект не пропущен – все виртуальные объекты можем поименовать; (2) \bar{a} определено однозначно, т.е. каждый виртуальный объект получает уникальное имя – нет двух констант, которые соответствуют одному и тому же объекту.

Для задач проектирования информационных систем специального вида необходимо иметь в виду возможность принятия других предположений. Представляется, однако, что они могут быть формализованы на основе принятой выше модели.

При интерпретации кванторов вводим два квантора с разными свойствами.

$(\forall) \|\forall x \Phi(x)\|_k = 1$ т. и т.т., к. $\|\Phi(\bar{a})\|_k = 1$ для всех $a \in D$

$(\forall.) \|\forall. x \Phi(x)\|_k = 1$ т. и т.т., к. $\|\Phi(\bar{a})\|_k = 1$ для всех $a \in A_k$ и аналогично для (\exists) и $(\exists.)$.

7. Определённые дескрипции

Определённая дескрипция представляет собой терм $(I x \Phi(x))$.

$(I) \|\ I x \Phi(x) \|_k = b$ т. и т.т., к. $\{b\} = \{a \in D : \|\Phi(\bar{a})\|_k = 1\}$

Рассмотрим множество предикатов, задающих одну и ту же определённую дескрипцию, и изучим его структуру.

Предложение 1. Пусть Φ и Ψ таковы, что $\|\ I x \Phi(x) \| = \|\ I x \Psi(x) \| = t$, где $t : \text{Asg} \rightarrow D$ – концепт, полностью определённый в каждой $i \in \text{Asg}$. Тогда

(1) $\|\ I x \Phi(x) \wedge \Psi(x) \| = t$; (2) $\|\ I x \Phi(x) \vee \Psi(x) \| = t$.

Пусть теперь рассматриваемая дескрипция не определена в некоторых точках соотнесения. Рассмотрим подробнее одну из таких точек соотнесения (далее будем обозначать её k_0 и считать фиксированной) и изучим поведение дескрипции в этой точке.

Пусть $\|\ I x \Phi(x) \|_{k_0}$ не определена. Это может произойти в двух случаях: (1) для всех $a \in D$ имеем $\|\Phi(\bar{a})\|_{k_0} = 0$. Будем говорить в этом случае, что формула $\Phi(x)$ (с выделенной свободной переменной x) недоопределяет дескрипцию $I x \Phi(x)$ в точке соотнесения k_0 ; (2) существуют, по крайней мере, две различные константы $a_1, a_2 \in D$, для которых $\|\Phi(\bar{a}_i)\|_{k_0}$

$= 1$, где $i = 1, 2$. Будем говорить в этом случае, что формула $\Phi(x)$ (с выделенной свободной переменной x) переопределяет дескрипцию $I x \Phi(x)$ в точке соотнесения k_0 .

В противном случае $\| I x \Phi(x) \| k_0$ определена. Будем в этом случае говорить, что формула $\Phi(x)$ (с выделенной свободной переменной x) полностью определяет дескрипцию $I x \Phi(x)$ в точке соотнесения k_0 .

Рассмотрим две формулы $\Phi(x)$ и $\Psi(x)$ (с выделенной свободной переменной x) такие, что: $\| I x \Phi(x) \| k_0 = \| I x \Psi(x) \| k_0$. Будем называть их эквивалентными относительно определения дескрипции в точке соотнесения k_0 , если в этой точке соотнесения $\Phi(x)$ недоопределяет (переопределяет, полностью определяет) дескрипцию $I x \Phi(x)$ тогда и только тогда, когда $\Psi(x)$ недоопределяет (переопределяет, полностью определяет) дескрипцию $I x \Psi(x)$.

Предложение 2. Если для всех $a \in D$ $\| \Phi(\bar{a}) \| k_0 = \| \Psi(\bar{a}) \| k_0$, то формулы $\Phi(x)$ и $\Psi(x)$ эквивалентны относительно определения дескрипции в точке соотнесения k_0 .

Для полностью определённых дескрипций это предложение допускает обращение.

Предложение 3. Если формулы $\Phi(x)$ и $\Psi(x)$ эквивалентны относительно определения дескрипции в точке соотнесения i_0 , и соответствующие дескрипции полностью определены, то для всех $a \in D$ имеем $\| \Phi(\bar{a}) \| k_0 = \| \Psi(\bar{a}) \| k_0$.

Для переопределённых дескрипций указанное обращение уже не имеет места. Таким образом, введённое отношение эквивалентности оказывается совместимым с отношением равенства формул, но слабее этого отношения.

Сформулируем теперь некоторые свойства введённых понятий.

Предложение 4. Пусть $\Phi(x)$ недоопределяет дескрипцию. Тогда $\Phi(x) \wedge \Psi(x)$ также недоопределяет дескрипцию.

Предложение 5. Пусть $\Phi(x)$ недоопределяет дескрипцию. Тогда формула $\Phi(x) \vee \Psi(x)$ эквивалентна относительно определения дескрипции формуле $\Psi(x)$.

Предложение 6. Пусть $\Phi(x)$ переопределяет дескрипцию. Тогда формула $\Phi(x) \vee \Psi(x)$ также переопределяет дескрипцию.

Отметим, что если формула $\Phi(x)$ переопределяет дескрипцию, то формула $\Phi(x) \wedge \Psi(x)$ может недоопределять, полностью определять либо переопределять дескрипцию. Это обосновывает обычный путь построения объекта с заданными свойствами при помощи дескрипций, когда объект строится последовательным указанием его свойств до тех пор, пока их не станет достаточно для определения объекта.

Наряду с оператором I вводится оператор I' (дескрипция с точкой), который определяется следующим образом: $(I') \| I' x \Phi(x) \| i = b$ т. и т.т., к. $\{b\} = \{a \in A_k : \| \Phi(\bar{a}) \| k = 1\}$, причём принимается, что значение этого терма неопределённо, если нет a ,

удовлетворяющего условию, заданному справа.

Заключение

В работе предложены формализованные средства специализации КМ, предполагающих построение и исследование интенциональных сущностей. Акцент сделан на ПО, для которых существенно отношение именования. Средства специализации построены на основе использования пропозициональных концептов интенционального вида. Выполнено исследование различных конструкций, используемых при концептуальном моделировании: (1) выделение совокупности индивидов с разделением их на действительные, возможные и виртуальные обеспечивает средства описания частично определённых объектов и описания процессов динамического доопределения; (2) использование точек соотнесения обеспечивает рассмотрение различных видов динамики ПО; (3) использование определённых дескрипций, включающих полностью определённые, недоопределённые и переопределённые дескрипции, развивает традиционную технику определения объектов и обеспечивает задание объектов с контролируемой степенью определённости как на уровне КМ, так и на уровне среды реализации.

Исследование показывает возможность построения среды с управляемой степенью интенциональности за счёт согласованного использования экстенциональных и интенциональных конструкций. В частности, специализация концептуальных моделей может быть обеспечена за счёт использования определённых дескрипций для поддержки вычисления означиваний при реализации.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 13-07-00716.

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. Исмаилова Л. Ю., Косиков С. В. От поисковых систем к информационному моделированию рассуждений в Интернет-среде // Технологии информационного общества -- Интернет и современное общество: труды V Всероссийской объединенной конференции. Санкт-Петербург, 25-29 ноября 2002 г. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002. – С. 97-100.
3. 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.
4. 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.

5. 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.

Рецензенты:

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

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

Лубенцов Валерий Федорович, д-р техн. наук, профессор, зам. директора по научной работе, профессор кафедры «Информационные системы, электропривод и автоматика», Невинномысский технологический институт ГОУ ВПО «Северо-Кавказский государственный технический университет», г. Невинномысск.