

Н.Т. ПРОЦАЙ, ХНУРЭ**О МЕТОДЕ КОМПОЗИЦИИ МОДЕЛЕЙ**

В статье предлагается метод композиции произвольного множества моделей, формализованных посредством алгебры предикатов, по набору переменных. Данный метод композиции более удобен при моделировании различных механизмов интеллекта, чем метод композиции по одной переменной, т.к. дает более детальную характеристику тех моделей, которые подлежат соединению.

Ключевые слова: модель, алгебра предикатов, композиция моделей.

Постановка проблемы. Анализ литературы. Теория моделей – раздел математической логики, изучающий связи между формальным языком и его интерпретациями, или моделями [1]. Основателями теории моделей были Лёвенгейм, Скулем, Гёдель, Тарский, Мальцев. В самостоятельный раздел математической логики она сформировалась в работах Генкина, Робинсона, Тарского, Кейслера, Чэна. Теория моделей развивалась в разных направлениях: изучались модели узкого исчисления предикатов, исчисления второй ступени, модели логики с бесконечными формулами, логики с дополнительными кванторами, многозначной логики, модальной логики, логики второго порядка и т.д. [1 – 7]. Однако техника теории моделей развивалась большей частью именно для логики предикатов первого порядка. И именно построение теории моделей первого порядка служило предпосылкой для развития теорий моделей других типов и таких ее приложений, как нестандартный анализ [1, 6].

В данной работе рассматриваются модели т.н. многосортной логики: модели, формализованные посредством алгебры предикатов [12]. Функции алгебры предикатов принимают значения из множества $\Sigma = \{0, 1\}$, а аргументы определены на множестве $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$. В [12, с. 69] излагаются доводы, которые убеждают в том, что "... алгебра конечных предикатов как раз и есть тот формальный язык, на котором должно вестись описание различных механизмов человеческого интеллекта, что никакие другие формальные средства не могут составить ему конкуренцию и что именно этот язык призван стать фундаментом, на котором должно строиться здание теории интеллекта".

Одной из основных задач теории интеллекта является построение моделей различных механизмов интеллекта. Можно, к примеру, говорить о модели естественного языка и теории этой модели. Носитель этой модели – множество лингвистических признаков. Предикатом этой модели является лингвистический предикат [8 – 10]. Вводятся свойства лингвистического предиката, его общий вид, аксиомы теории и т.п. При построении различных конкретных моделей приходится решать одни и те же задачи: аксиоматическое

задание модели, отыскание общего вида модели, достижение полноты и несократимости системы аксиом и др. Все эти вопросы с общих позиций изучаются теорией моделей. Каждая модель (M, P) вводит пару предикатных переменных M и P , которые затем используются в роли аргументов предикатных операций и фигурируют в качестве переменных, подлежащих определению в логических уравнениях. Отношение M называется *носителем модели* (M, P) , а предикат P – *предикатом модели* (M, P) [11].

Интеллект сложен, поэтому его приходится изучать по частям. И тот факт, что человек никогда не испытывает затруднений при выражении мыслей в виде последовательности сравнительно коротких высказываний, свидетельствует о том, что мысли обладают одной важной особенностью: вне зависимости от уровня своей сложности они допускают выражение в виде конъюнкции (состоящей, быть может, из очень большого числа конъюнктивных членов) достаточно простых высказываний. Указанное свойство человеческого интеллекта называется *конъюнктивностью интеллекта* [12]. Оно указывает на особую важность для теории интеллекта решения вопроса формального разложения одной большой сложной задачи на систему простых задач, т.е. разложения одной большой модели на множество простых. Корректно выделить частную модель из общей позволяет операция декомпозиции моделей [12 – 14]. Но так мы получаем совокупность разрозненных моделей. Когда же несколько моделей теории интеллекта соединяются в одну, в этом случае нам нужна операция композиции моделей. В работе [14] рассмотрен метод композиции моделей по одной переменной. Однако, при изучении некоторых механизмов интеллекта, например языка, более удобным представляется метод композиции моделей по набору переменных, основанный, также как и метод композиции по переменной, на теореме о разложении [12].

Цель статьи – разработать метод композиции произвольного множества (конечного или бесконечного) моделей, формализованных с помощью алгебры предикатов, по набору переменных.

Основная часть. Пусть (M_i, P_i) , $i = \overline{1, k}$ – модели, не обязательно совместимые. Требуется построить модель (M, P) , которая соединяла бы в себе все модели (M_i, P_i) , $i = \overline{1, k}$. При этом модель (M, P) должна быть построена так, чтобы при необходимости ее можно было расчленить на исходные модели. Операция соединения моделей (M_i, P_i) , $i = \overline{1, k}$ в единую модель (M, P) называется *композицией* моделей (M_i, P_i) , $i = \overline{1, k}$. В работе [14] представлен метод композиции моделей по одной переменной. Рассмотрим его на примере двух моделей.

Пусть (M_1, P_1) и (M_2, P_2) – различные модели, которые требуется соединить в модель (M, P) . Вводим новую предметную переменную y . Она будет несущественной для предикатов M_1, M_2, P_1, P_2 . Тем самым, мы переходим к пространству, размерность которого на единицу больше размерности исходного пространства. Моделям (M_1, P_1) и (M_2, P_2) присваиваем различные имена α_1 и α_2 . Множество M и предикат P модели (M, P) образуем по формулам:

$$M(x_1, x_2, \dots, x_m, y) = M_1(x_1, x_2, \dots, x_m)y^{\alpha_1} \vee M_2(x_1, x_2, \dots, x_m)y^{\alpha_2};$$

$$P(x_1, x_2, \dots, x_m, y) = P_1(x_1, x_2, \dots, x_m)y^{\alpha_1} \vee P_2(x_1, x_2, \dots, x_m)y^{\alpha_2},$$

где $y^{\alpha_1}, y^{\alpha_2}$ – предикаты узнавания предмета:

$$y^\alpha = \begin{cases} 1, & \text{если } y = \alpha; \\ 0, & \text{если } y \neq \alpha. \end{cases}$$

Эти формулы непосредственно следуют из теоремы о дизъюнктивном разложении предиката [12].

Теорема о дизъюнктивном разложении предиката: любой конечный предикат на U^m может быть представлен в виде:

$$\begin{aligned} & P(x_1, x_2, \dots, x_i, x_{i+1}, \dots, x_m) \equiv \\ & \equiv \bigvee_{(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i)} x_1^{\sigma_1} x_2^{\sigma_2} \dots x_i^{\sigma_i} P(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i, x_{i+1}, \dots, x_m), \end{aligned} \quad (1)$$

где $x_k^{\sigma_k}$, $k = \overline{1, i}$ – предикаты узнавания предмета. Представление предиката $P(x_1, x_2, \dots, x_i, x_{i+1}, \dots, x_m)$ в виде правой части тождества (1) назовем дизъюнктивным разложением по переменным $x_1, x_2, \dots, x_i$. Запись $(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i)$ под знаком дизъюнкции означает, что логическая сумма берется по всевозможным наборам индексов $(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i)$. В результате получаем серию предикатов меньшей размерности. Предикат P можно образовать многими способами в зависимости от выбора имен для значений предметных переменных.

Метод композиции моделей по переменной легко обобщается на случай произвольного множества (конечного или бесконечного) исходных моделей. Пусть $I = \{(M_\alpha, P_\alpha)\}$, $\alpha \in A$ – семейство моделей, которые требуется соединить в модель (M, P) . Здесь α – индексы, принадлежащие множеству $A \subseteq U$. Вводим новую предметную переменную y , несущественную для каждого из предикатов M_α и P_α , $\alpha \in A$. Каждой модели (M_α, P_α) даем свое имя $\alpha \in U$. Множество M и предикат P модели (M, P) образуем по формулам:

$$M(x_1, x_2, \dots, x_m, y) = \bigvee_{\alpha \in A} M_{\alpha}(x_1, x_2, \dots, x_m) y^{\alpha};$$

$$P(x_1, x_2, \dots, x_m, y) = \bigvee_{\alpha \in A} P_{\alpha}(x_1, x_2, \dots, x_m) y^{\alpha}.$$

Возможно обобщение операций композиции, так же как и декомпозиции, на случай многих переменных [13].

Пусть $I = \{(M_{\alpha}, P_{\alpha})\}$, $\alpha \in A$ – семейство моделей, которые требуется соединить в модель (M, P) . Здесь α – индексы, принадлежащие множеству $A \subseteq U$. Вводим новые предметные переменные $y_1, y_2, \dots, y_i$, $i = \overline{1, n}$ несущественные для каждого из предикатов M_{α} и P_{α} , $\alpha \in A$. Множество M и предикат P модели (M, P) образуем по формулам:

$$M(x_1, x_2, \dots, x_m, y_1, y_2, \dots, y_i) = \bigvee_{\alpha \in A} M_{\alpha}(x_1, x_2, \dots, x_m) y_1^{\alpha_1} y_2^{\alpha_2} \dots y_i^{\alpha_i}, \quad (\alpha_i \in A);$$

$$P(x_1, x_2, \dots, x_m, y_1, y_2, \dots, y_i) = \bigvee_{\alpha \in A} P_{\alpha}(x_1, x_2, \dots, x_m) y_1^{\alpha_1} y_2^{\alpha_2} \dots y_i^{\alpha_i}, \quad (\alpha_i \in A).$$

Выводы. Основным результатом работы является разработка метода композиции произвольного множества моделей (M_i, P_i) , формализованных с помощью алгебры предикатов, по набору переменных. К данной операции исследователь интеллекта обращается в тех случаях, когда требуется объединить частные результаты моделирования интеллекта в единую модель. Если, к примеру, взять модели склонения различных частей речи [8 – 10], то используя предложенный метод композиции моделей по набору переменных, можно образовать модель склонения словосочетаний. Рассмотренный в работе метод композиции по набору переменных более удобен при изучении языка, чем метод композиции моделей по одной переменной, представленный в работе [14], т.к. дает более детальную характеристику тех моделей, которые подлежат композиции. Предложенный проект является одним из компонентов, которые можно использовать в существующих системах и на пути создания будущих систем автоматической обработки текстовой информации (поддержка и реализация БД, баз знаний, ЭС, систем компьютерного перевода и т.п.), систем автоматизированного проектирования новых информационных технологий и других систем искусственного интеллекта.

На сегодняшний день теория моделей, формализованных с помощью алгебры предикатов, находится в самом начале развития. Необходимо разрабатывать общие принципы ее построения. Не существует и методов решения логических уравнений с моделями данного типа. Важной проблемой также является изучение связи между частичными предикатами и соответствующими им моделями и доказательство правомочности замены предиката, определенного на области, моделью (математическая практика свидетельствует о том, что это делать можно, но доказательства этого наукой пока не найдено). Существует также масса проблем, связанных с построением

аксиоматических теорий моделей, формализованных посредством алгебры предикатов, с изучением свойств данных моделей и операций над ними, с помощью которых можно записывать эти свойства, и т.д. Одной из таких операций является операция композиции. Перспективы дальнейших исследований – применение рассмотренного в работе метода композиции моделей при изучении механизмов естественного языка и создание других методов композиции, которые найдут свое применение на практике.

Список литературы: 1. Кейслер Г., Чен Ч. Теория моделей. – М.: Мир, 1977. – 612 с. 2. Булос Дж., Джеффри Р. Вычислимость и логика. – М.: Мир, 1994. – 396 с. 3. Справочная книга по математической логике / Под ред. Дж. Барвайза. Часть 1. Теория моделей. – М.: Наука, 1982. – 392 с. 4. Фейс Р. Модальная логика. – М.: Наука, 1974 – 518 с. 5. Ивлев Ю.В. Модальная логика. – М.: Изд. Московского университета, 1991. – 220 с. 6. Робинсон А. Введение в теорию моделей и математику алгебры. – М.: Наука, 1967. – 376 с. 7. Мальцев А.И. Алгебраические системы. – М.: Наука, 1970. – 392 с. 8. Бондаренко М.Ф., Чикина В.А., Шабанов-Кушнарченко Ю.П. Модели языка // Бионика интеллекта. – 2004. – № 1 (61). – С. 27–37. 9. Процай Н.Т. Модели языка – склонение притяжательных имен прилагательных // Бионика интеллекта. – 2004. – № 2 (63). – С. 58–65. 10. Лецинский В.А. Модели бинарных логических сетей и их применение в искусственном интеллекте: дис. ... канд. техн. наук: спец. № 05.13.23 – системы и средства искусственного интеллекта – Х.: ХИРЭ, 2006. – 163 с. 11. Калиниченко О.В. Алгебра идей как аппарат формализации семантики естественного языка в системах искусственного интеллекта: дис. ... канд. техн. наук: спец. № 05.13.23 – системы и средства искусственного интеллекта – Х.: ХИРЭ, 2004. – 160 с. 12. Бондаренко М.Ф., Шабанов-Кушнарченко Ю.П. Теория интеллекта. – Харьков: СМІТ, 2006. – 580 с. 13. Процай Н.Т. Метод декомпозиции моделей по набору переменных // Сб. трудов IV Международной научно-практической конференции "Современные научные достижения". Польша. 01-14 февраля 2008 г. – С. 18–20. 14. Стороженко А.В. Алгебро-логические модели семантики текстов естественного языка: дисс. ... канд. техн. наук: спец. № 01.05.02 – математическое моделирование и вычислительные методы – Х.: ХИРЭ, 2000 – 180 с.

УДК 519.7

Про метод композиції моделей / Процай Н.Т. // Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – № 24. – С. 142 – 146.

В статті розглянуто метод композиції довільної множини моделей, формалізованих за допомогою алгебри предикатів, по набору змінних. Такий метод композиції більш зручний при моделюванні різноманітних механізмів інтелекту, ніж метод композиції по одній змінній, у зв'язку з тим, що дає більш детальну характеристику тих моделей, що підлягають композиції. Бібліогр.: 14 назв.

Ключові слова: модель, алгебра предикатів, композиція моделей.

UDC 519.7

About a method of composition of models / Protsay N.T. // Herald of the National State University "KhPI". Subject issue: Information science and modelling. – Kharkov: NSU "KhPI", 2008. – № 24. – P. 142 – 146.

A method of arbitrary set of models formalized by means of predicate algebra composition on variables set is presented. This method of composition is better than a method of composition on one variable by modeling of different artificial intelligence mechanisms. It enables the get of more detailed description of models composition. Refs: 14 titles.

Key words: model, algebra of predicates, composition of models.

Поступила в редакцію 25.04.2008