
АВТОМАТНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОНТОЛОГИЙ И ОПЕРАЦИИ НА ОНТОЛОГИЯХ

Сергей Крывый, Александр Ходзинский

Аннотация. Предлагается подход к представлению онтологий в виде конечного автомата. Такое представление позволяет ввести операции на онтологиях, используя операции на регулярных языках. Операции на онтологиях дают возможность автоматизировать процесс анализа и синтеза онтологий и их составляющих частей.

Ключевые слова: онтологии, операции, конечные автоматы

ACM Classification Keywords: H4m. Miscellaneous

Conference: The paper is selected from XIVth International Conference "Knowledge-Dialogue-Solution" KDS 2008, Varna, Bulgaria, June-July 2008

Введение

В последнее время в естественных науках и, в частности, в теоретическом программировании появилось столько различных направлений, течений и теоретических результатов, что становится проблематичным охватить хотя бы малую часть поля научной деятельности даже в отдельно взятых областях. Одним из подходов к пониманию взаимосвязей между различными течениями и теориями является онтологический подход [1,2]. Кроме того, в связи с возрастанием сложности программного и технического обеспечения вычислительных процессов требуется интеллектуализация этих процессов и такой интеллектуализации можно достичь, по мнению многих специалистов, путем использования онтолого-управляемых систем поиска, извлечения и обработки знаний, содержащихся в онтологиях. Онтологический подход для построения связей между понятиями некоторой предметной области, как правило, основывается на определении отношения «предметная область – свойства - модели – приложения». В данной работе рассматривается способ представления онтологий с помощью конечных автоматов с одной стороны, и отношений, лежащих в основе каждой онтологии. Этот подход позволяет ввести операции на онтологиях используя операции на языках и автоматах. При таком подходе типы онтологий и их иерархия не детализируется с целью подчеркивания общности рассматриваемых операций. Операции иллюстрируются на простых примерах онтологий, относящихся к компьютерной математике [3].

Автоматное представление онтологий

Будем предполагать, что онтологии представляются в виде орграфа $G = (V, E)$, где множество вершин V представляет множество предметных областей, а множество ребер E – бинарное отношение между этими предметными областями. С каждым таким орграфом $G = (V, E)$ будем ассоциировать конечный (вообще говоря) частичный детерминированный автомат без выходов $A = (V, X=V, f, S, F)$, где V – множество состояний, которое также служит входным алфавитом данного автомата, S – подмножество начальных состояний, F – подмножество заключительных состояний (которое, в частности, может быть пустым), а функция переходов данного автомата определяется следующим образом: $f(u,v) = v$ тогда и только тогда, когда $(u,v) \in E$ и не определено в остальных случаях.

Рассмотрим пример представления фрагмента онтологии для предметной области «Комбинаторика».

Пример 1. Пусть задана онтология, отражающая малую часть предметной области «Комбинаторика», в виде следующего орграфа:

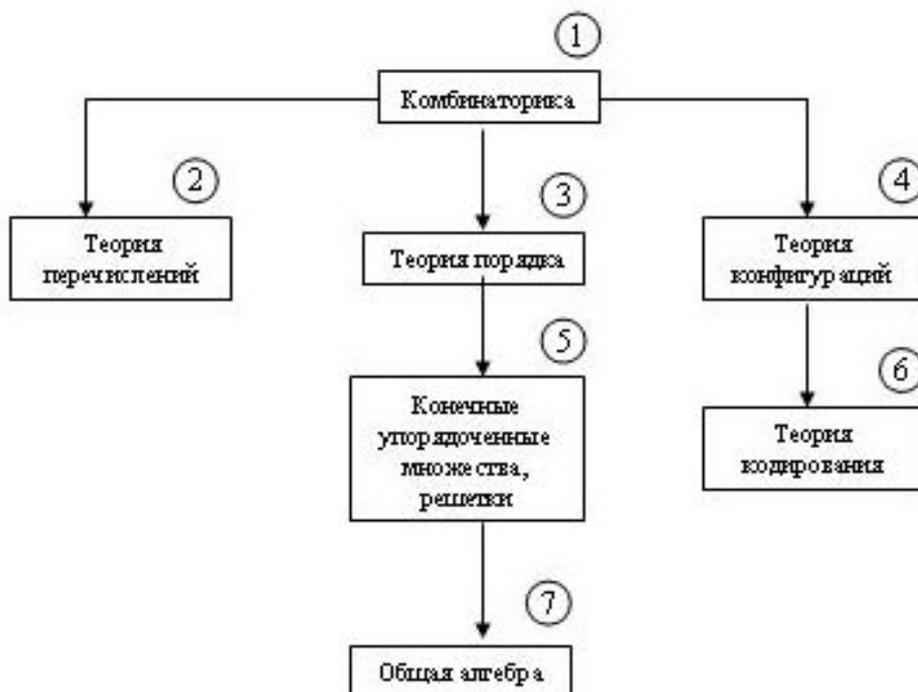


Рис. 1. Онтология O

Соответствующий данной онтологии конечный автомат имеет вид $A = (V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}, X = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}, f, \{1\}, \{7\})$, где f задана таким графом переходов:

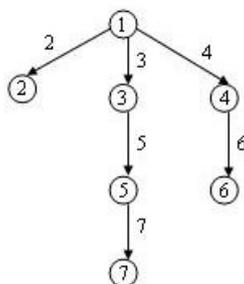


Рис. 2. Конечный автомат A для O

Это значит, что $f(1,2) = 2$, $f(1,3) = 3$, $f(1,4) = 4$, $f(3,5) = 5$, $f(5,7) = 7$, $f(4,6) = 6$. Остальные переходы в данном автомате неопределены.

Операции на онтологиях в автоматном представлении

Представление онтологий в виде конечного автомата без выходов позволяет ввести операции на онтологиях. Операции на автоматах означают операции на регулярных языках, которые акцептируются этими автоматами. Основными такими операциями являются следующие:

- **объединение** – теоретико-множественное объединение множества состояний и множества переходов данных автоматов-аргументов;
- **пересечение** – теоретико-множественное пересечение множества состояний и множества переходов, пополненное транзитивным замыканием отношения достижимости на автоматах-аргументах;
- **конкатенация** или **умножение** двух автоматов – частный случай операции объединения, когда объединение выполняется только по множеству начальных состояний второго автомата;

- **итерация** – повторяемая конечное число раз операция умножения, применяемая в рамках одной онтологии с целью уточнения и пополнения этой онтологии (эта операция практически означает пошаговое уточнение и пополнение онтологий);
- **обращение** – ориентация в противоположном направлении переходов в автомате, представляющем данную онтологию, т. е. построение функции переходов $g(v,u) = u$ тогда и только тогда, когда $f(u,v) = v$ и неопределенно в остальных случаях.

Пример 2. Пусть дана онтология вида

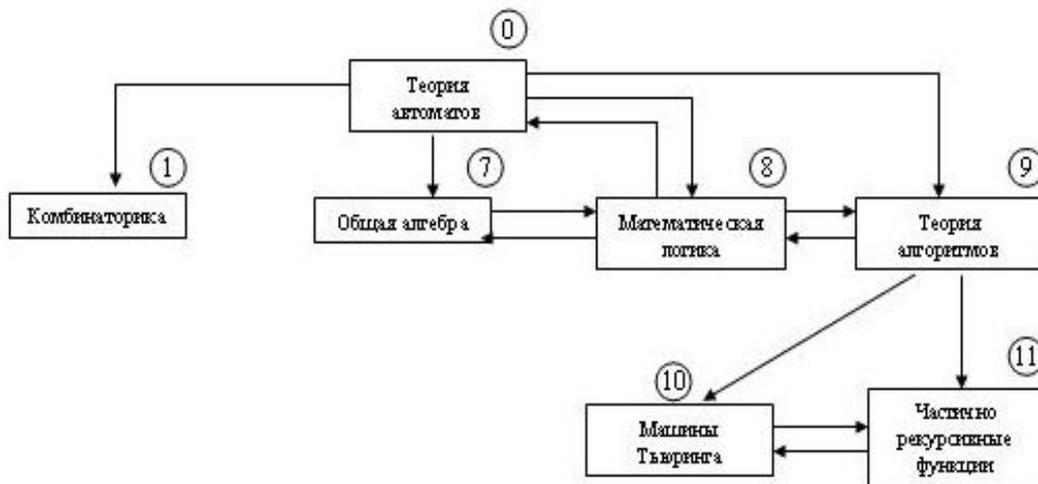


Рис. 3. Онтология O_1

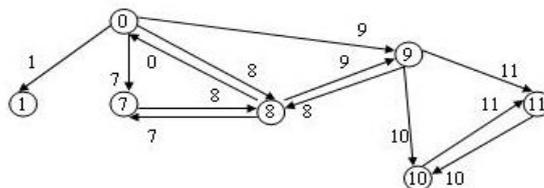


Рис. 4. Автомат A_1 для онтологии O_1

где $A_1 = (\{0, 1, 7, 8, 9, 10, 11\}, \{0, 1, \dots, 11\}, g, \{0\}, \{11\})$.

Тогда введенные выше операции дают такие результаты, если их применить к автоматам A_1 и A из предыдущего примера.

Объединение:

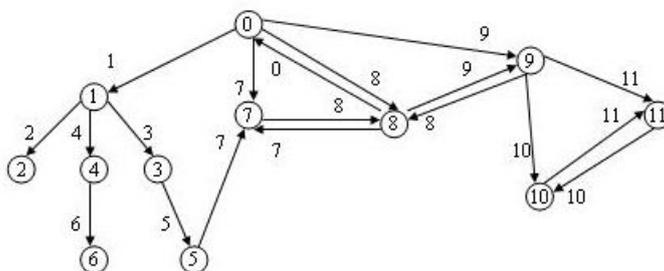


Рис. 5. Автомат $A \cup A_1$

Пересечение:



Рис. 6. Автомат $A \cap A_1$

Итерация: уточнение онтологии O_1 :

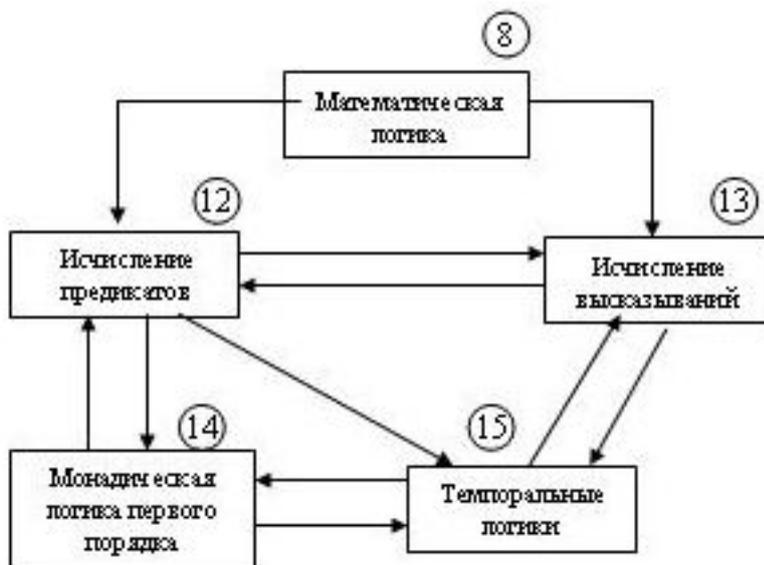


Рис. 7. Уточнение O_2 для онтологии O_1

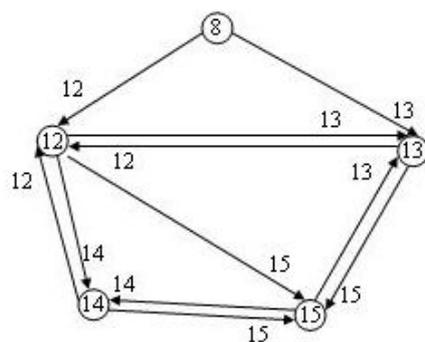


Рис. 8. Автомат A_2 для онтологии O_2

Конкатенируя автоматы A_1 и A_2 по начальному состоянию 8 автомата A_2 , получаем автомат, представляющий уточненную онтологию $O_1 * O_2$.

Обращение: применяя эту операцию к A_1 , получаем автомат:

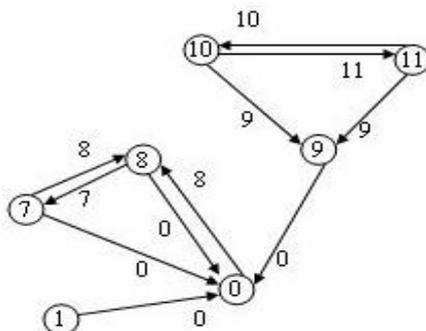


Рис. 9. Автомат обращения для онтологии O_1

Краткая характеристика операций

Алгебраические свойства введенных операций на онтологиях вытекают из соответствующих свойств операций алгебры регулярных языков. Это значит, что данные операции удовлетворяют следующим законам: коммутативность и ассоциативность операций объединения и пересечения, ассоциативность умножения, дистрибутивность операции умножения относительно операций объединения и пересечения.

Данное множество операций (в случае надобности) можно расширять по крайней мере в двух направлениях. Одним из таких направлений является расширение операциями на графах (введение и удаление вершины и ребра, соединение графов, изоморфного соединения [6], декартового произведения и т. д.). Другим направлением является алгебра отношений. Поскольку каждая онтология является представлением некоторой совокупности отношений (в частности: одного), то можно вводить операции реляционной алгебры.

Какое из возможных направлений будет выбрано, зависит от практических потребностей использования онтологий. Прогнозировать что-либо на этот счет не имеет смысла, так как практика оказывается всегда богаче любой теории. Авторы надеются, что представленные операции над онтологиями окажутся полезными при анализе, синтезе и манипулировании онтологиями и онтологическими объектами.

Проблемы реализации операций

Рассмотрим теперь некоторые проблемы, возникающие на пути реализации данных операций.

Первая проблема (и возможно основная при работе с онтологиями) связана с тем, что корректное выполнение описанных выше операций требует создания некоторого общего глоссария предметных областей и понятий, с помощью которого можно было бы однозначно идентифицировать соответствующие объекты. По видимому, эта проблема является не только проблемой на пути реализации введенных операций, но и в некотором смысле общей проблемой на пути построения онтологий и работы с онтологиями.

Вторая проблема, возникающая при реализации операций, связана с имеющейся иерархией областей и понятий. Дело в том, что в различных онтологиях одни и те же понятия и объекты могут находиться на разных уровнях иерархии и это необходимо учитывать при применении операций. В предлагаемом подходе эта проблема решается с помощью построения транзитивного замыкания отношения достижимости на состояниях автоматов, представляющих данные онтологии. Однако, авторы не уверены в том, что этого замыкания достаточно для решения проблемы. Здесь, по-видимому, необходимы эксперименты на реальных онтологиях и их представлениях.

Третья проблема связана с полнотой знаний, имеющихся в представленных онтологиях. Эта проблема является основной в процессе спецификации и верификации программного и технического обеспечения. Здесь же эта проблема связана с возможностью построения в некотором (хотя бы) смысле полной онтолого-управляемой информационной системы.

Заключение

Тема данной работы возникла в связи с докладами, которые были представлены на конференциях KDS-2005 и KDS-2007 (Варна, Болгария). Раздел по онтологиям на этих конференциях был одним из самых больших и доклад, представленный в этих разделах, были стимулирующими для разработки представления онтологий и операций на онтологиях с целью автоматизации процесса проектирования и манипулирования этими объектами. Возможно после данной попытки ввести операции на онтологиях появятся и другие подходы к построению алгебры онтологий, что было бы весьма желательным и плодотворным для развития этой области знаний. Наш подход, по видимому, не является самым лучшим, поскольку требует решения перечисленных выше проблем.

Библиография

- [1] Gavrilova T., Puuronen S. In Search of a Vision: Ontological View on User Modeling Conferences' Scope. XII-th International Conference KDS 2007, ITHEA, Sofia, 2007. Volume 2, p.422-427.
- [2] Gribova V. Automatic Generation of Context-sensitive Help Using a User Interface Project. XII-th International Conference KDS 2007, ITHEA, Sofia, 2007. Volume 2, p.417-422.
- [3] Кривой С., Матвеева Л., Лукьянова Е., Седлецкая О. Онтологический взгляд на теорию автоматов. XII-th International Conference KDS 2007, ITHEA, Sofia, 2007. Volume 2, p.427-436.
- [4] Artemieva I. XII-th International Conference KDS 2007, ITHEA, Sofia, 2007. Volume 2, p.403-411.
- [5] Кривий С. Л. Дискретна математика. Вибрані питання. Київ. Видавничий дім „Києво-Могилянська академія”. - 2007. - 572 с.
- [6] Kryvyy S. , Hajder M., Dymora P., Mazurek M. Designing of the computer network topologies and coherent graphs algebra. - In Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska, Sectia A1.- Informatica.-Poland.-Lublin. -2006. - v. 5. - p. 379-391.

Информация об авторах

Кривый Сергей – *Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины, Украина, Киев, 03187, Проспект Глушкова 40, Институт кибернетики, e-mail: krivoi@i.com.ua*

Ходзинский Александр – *Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины, Украина, Киев, 03187, Проспект Глушкова 40, Институт кибернетики, e-mail: ho@cyber.kiev.ua*