УДК 681.324

Н.Ю. Любченко

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ ОПЕРАЦИОННОЙ СЕМАНТИКИ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ

Рассмотрен подход к непосредственной организации дедуктивного вывода в среде WEB-приложения посредством анализа процесса построения операционной семантики стратифицированной семантической сети , позволяющей непосредственно проводить дедуктивный вывод при реализации семантической технологии. При этом сохраняется непротиворечивость экстенсиональной базы данных соответствующего WEB-приложения. Рассмотрены схемы фактографического объединения, дополнения и уточнения.

Ключевые слова: *операционная семантика, стратифицированная семантическая сеть, WEB-приложение.*

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы. Бурный рост Интернет-технологий существенно обострил проблему поиска необходимой информации в его колоссальных информационных ресурсах. Существующие технологии поиска не позволяют удовлетворить запросы пользователей, поэтому остро стоит вопрос о качественном скачке – создании семантического Интернета, базирующегося на семантических технологиях [1, 2]. Основное назначение семантических технологий Web – выделить полезную информацию из данных, содержания документов или кодов приложений, опираясь на открытые стандарты [3]. Если компьютер понимает семантику документа, то это не означает, что он просто интерпретирует набор символов, содержащихся в документе. Это значит, что компьютер понимает смысл документа. Семантические технологии Web очерчивают общие рамки, позволяющие осуществлять обмен данными и их многократное использование в различных приложениях, корпорациях и даже сообществах. Семантические технологии Web – это эффективный способ представления данных в Интернете, основанный на соответствующей онтологии.

Онтология – это сеть концепций, связей и ограничений, которые обеспечивают контекст для данных и информации, а также для процессов. Онтология способствует улучшению обнаружения услуг, моделирования, объединения, посредничества и семантического взаимодействия сетей [4]. Она усовершенствует для пользователей способы поиска, изучения и взаимодействия со сложными информационными пространствами метаданных. Такая абстракция обеспечивает гибкость и подвижность, поскольку позволяет легко менять интерфейсы, а также добавлять новые ресурсы и пользователей, причем даже во время работы системы. *Семантика* – это будущее сервис-ориентированной интеграции. Семантические технологии обеспечивают существование определенного уровня абстракции над существующими IT-технологиями. Этот уровень позволяет осуществлять связь данных, содержания и процессов между различными видами бизнеса и изолированными IT-структурами. Наконец, с точки зрения взаимодействия людей, семантические технологии добавляют новый уровень семантических порталов, которые обеспечивают гораздо более аналитические, соответствующие теме и контексту взаимодействия, чем те, которые доступны с помощью традиционных точечных подходов к интеграции, использующихся в информационных порталах.

Семантические технологии представляют значения с помощью соответствующей онтологии и обеспечивают аргументацию, используя оговоренные связи, правила, логику и условия. К семантическим технологиям Web относятся следующие: глобальная схема имен (URI); стандартный синтаксис описания данных (RDF); стандартные способы описания свойств данных (схема RDF); стандартные способы описания связей между объектами данных (онтология, определяемая с помощью онтологического языка Web (Web Ontology Language)). Одной из общих проблем, стоящих при реализации данных технологий в настоящее время является непосредственная организация дедуктивного вывода в среде WEB-приложения [5, 6].

Стратифицированная семантическая сеть (ССС) является формально-логическими средством для построения модели проблемной области в некоторой системе представления знаний. Одной из важнейших особенностей ССС является возможность осуществления дедуктивного вывода. Эта возможность существенно расширяет класс запросов в диалоговых системах подготовки решений и является необходимой составной частью любого формализма для представления знаний [7, 8].

Цель данной работы – проведение анализа процесса построения операционной семантики ССС, позволяющей непосредственно проводить дедукцитивный вывод при реализации семантической технологии в среде WEB-приложений. Механизм логического вывода в ССС отличается от традиционных, например, от принципа резолюций. Проявляется это в том, что в процессе вывода не изменяются исходные формулы и

 © Н.Ю. Любченко

не генерируются новые, а осуществляется обработка универсумов понятий ССС [9], основывающаяся на процедурах поиска и семантического вложения графов – следовательно, не нарушается структура исходно представленных знаний, что особенно важно для рассматриваемых семантических технологий.

Результаты исследований

При анализе процесса построения операционной семантики были рассмотрены процедуры логического вывода на понятийной структуре ССС и экстенсиональной структуре К. Вывод на семантических сетях (СС) также включает в себя процедуры обработки фактографической базы данных ССС. Кроме того, в процессе логического вывода в ССС будут использоваться средства поддержания непротиворечивости экстенсиональной базы данных и управления логическим выводом. Эти средства являются необходимыми для устранения проблемы монотонности процесса дедукции [8]. Логический вывод в ССС осуществляется на основе применения схем вывода – таких правил вывода, которые выполняют роль отношения "посылки – заключение". Здесь будут рассмотрены схемы вывода на SQN-, SI-структурах и D-таблицах посредством аксиоматического представления закономерностей перехода по универсумам соответствующих понятий в процессе вывода [10].

Если $\left\{X_j^i\right\}$, $\left\{X_{j_{i+k}}^{i+k}\right\}$ – соответственно множества понятий i-й и (i + k)-й страт понятийной структуры S, которые связаны отношениями SQN и $\left(X_{j1}^i,...,X_{j\ell}^i\right)\in U_j^i$, $\left(X_{j_{i+k}1}^{i+k},...,X_{j_{i+k}\ell'}^{i+k}\right)\in U_{j_{i+k}}^{i+k}$, то справедливы следующие два типа схем вывода:

1) если $X_{j^*}^{\gamma}$ – понятие структуры S не связанное с $\left\{X_j^i\right\}$, и $\left\{X_{j_{i+k}}^{i+k}\right\}$ SQN- или SI- отношениями, то

$$R\left(X_j^i,X_{j^*}^{\gamma}\right)\to R\left(X_{j_{i+k}}^{i+k},X_{j^*}^{\gamma}\right)\wedge\forall x_{j\xi}^i\in U_j^i R\left(x_{j\xi}^i,x_{j^*}^{\gamma}\right);\quad(1)$$

2) если $x_{j^*}^{\gamma}$ связано с x_j^i отношением SQN

$$R\left(x_j^i,x_{j^*}^j\right)\to$$

$$\to\forall x_{j_{i+k}\nu_{i+k}}^{i+k}\in U_{j_{i+k}}^{i+k}\ \forall x_{j^*\nu_\gamma}^{\gamma}\in U_{j^*}^{\gamma}R\left(x_{j_{i+k}\nu_{i+k}}^{i+k}\right)\wedge$$

$$\wedge\forall x_{j\xi}^i\in U_j^i\forall x_{j^*\nu_\gamma}^{\gamma}\in U_{j^*}^{\gamma}R\left(x_{j\xi}^i,x_{j^*\nu_\gamma}^{\gamma}\right).$$

Для ввода схем вывода на структуре SI определим $X_{j\nu_\alpha}^{i\alpha}$, $X_{jh_{\alpha'}}^{i\alpha'}$, $\alpha'>\alpha$ как элементы соответственно универсумов $U_{j\alpha}^i$ и $U_{j\alpha'}^i$ j-го понятия X_j^i i-й страты структуры S САС, $R\left(X_{j\nu_\alpha}^{i\alpha},X_{jh_{\alpha'}}^{i\alpha'}\right)$, т.е.:

$$\bigcup_{\alpha=1}^{\ell_\alpha}U_{j\alpha}^i\supseteq\bigcup_{\alpha'=1}^{\ell_{\alpha'}}U_{j\alpha'}^i;$$

$$X_{j\nu_\alpha}^{i\alpha}\in\bigcup_{\alpha=1}^{\ell_\alpha}U_{j\alpha}^i\forall\alpha\left(\overline{R}^{\alpha}\left|X_{j\nu_\alpha}^{i\alpha}\right|=X_{j\nu}^i\right);$$

$$X_{jh_{\alpha'}}^{i\alpha'}\in\bigcup_{\alpha'=1}^{\ell_{\alpha'}}U_{j\alpha'}^i\left|\forall\alpha'\left(\overline{R}^{\alpha'}\left|X_{j\nu_{\alpha'}}^{i\alpha'}\right|=X_{jh}^i\right)\right.,$$

а $X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''}$ – понятие, связанное с $X_{j\nu_\alpha}^{i\alpha}$ отношением Q, причем $X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''}\in\bigcup_{\alpha''=1}^{\ell_{\alpha''}}U_{j^*\alpha''}^i\left|\forall t_{\alpha''}\left(\overline{R}^{\alpha''}\left|X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''}\right|=X_{j^*t}^i\right)\right.$.

При этом определяются формализмы следующих схем вывода:

$$\forall X_{j\nu_\alpha}^{i\alpha}\forall X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''}Q\left(X_{j\nu_\alpha}^{i\alpha},X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''}\right)\to$$
$$\to\forall X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''}\forall X_{jh_{\alpha'}}^{i\alpha'}Q\left(X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''},X_{jh_{\alpha'}}^{i\alpha'}\right);\quad(2)$$

$$\forall X_{j\nu_\alpha}^{i\alpha}\exists X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''}Q\left(X_{j\nu_\alpha}^{i\alpha},X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''}\right)\to$$
$$\to\forall X_{jh_{\alpha'}}^{i\alpha'}\exists X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''}Q\left(X_{jh_{\alpha'}}^{i\alpha'},X_{jt_{\alpha''}}^{ij^*}\right),\quad(3)$$

которые позволяют формирования универсума понятия X_{jh}^i посредством его выделения из универсума в случаях, когда у понятия отсутствует пример $X_{jh_{\alpha'}}^{i\alpha'}$ и существует отношение Q между элементами универсумов понятий $X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''}$ и $X_{jh_{\alpha'}}^{i\alpha'}$ таким образом:

$$\exists!X_{j\nu_\alpha}^{i\alpha}\exists X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''}\exists X_{jh_{\alpha'}}^{i\alpha'}$$
$$\left[Q\left(X_{j\nu_\alpha}^{i\alpha},X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''}\right)\wedge Q\left(X_{jh_{\alpha'}}^{i\alpha'},X_{j^*t_{\alpha''}}^{i\alpha''}\right)\right]\to\exists X_{jh_{\alpha'}}^{i\alpha'}.\quad(4)$$

Поскольку ССС представляет собой формально-логические средства построения моделей функционирования определенного класса систем – сложных организационных иерархических систем (СОИС) при решении ими задач оперативного управления, когда достаточно четко определены направления декомпозиции корневых понятий, введение избыточности $U_{j\nu}^i\cap U_{jh}^i\neq0$ при $R\left(X_{j\nu}^i,X_{jh}^i\right)$ не всегда оправдано, что ограничивает область применения схем вывода на SI-структурах.

В следующую группу выделим схемы вывода на элементах D-таблиц, в которых отображается экстенсиональная информация об элементах универсумов наибольших порядков понятий ССС [9]. Для отдельного элемента каждая строка его D-таблицы определяемся именем предикатного отношения R_5^*, в которое входит данный элемент с ролью 1, именем дополнительного понятия P_ξ, конкретизирующим вид информации об элементе, при-

мером $P_{\psi\xi}$ понятия P_ξ и непосредственно информацией об элементе (d-записью). Для элемента $X^{i\ell_\alpha}_{jv_{\ell_\alpha}}$ строка его D-таблицы будет иметь вид:

$$X^i_j \xrightarrow{SI} X^{i\ell_\alpha}_{jv_{\ell_\alpha}} \to R^*_5 : P_\xi : P_{\psi\xi} : \left\langle d_{P_\psi} \right\rangle .$$

Определим схемы вывода на D-таблицах:

$$\forall X^{i\ell_\alpha}_{jv_{\ell_\alpha}} \in U^i_{j\ell_\alpha} \forall X^{i\ell_\alpha}_{jh_{\ell_\alpha}} \in U^i_{j\ell_\alpha} \left[Q_1\left(\left\langle d_{P_\psi}\right\rangle, \left\langle d_{P'_\psi}\right\rangle\right) \wedge \right.$$
$$\left. \wedge R^*_5\left(X^{i\ell_\alpha}_{jv_{\ell_\alpha}}, P_\xi, P_{\psi\xi}\right) \to R^*_5\left(X^{i\ell_\alpha}_{jh_{\ell_\alpha}}, P_\xi, P_{\psi\xi}\right)\right], h \neq v ; \quad (5)$$

$$\forall X^{i\ell_\alpha}_{jv_{\ell_\alpha}} \in U^i_{j\ell_\alpha} \forall X^{i+k\ell'_\alpha}_{j_{i+k}h'_{\ell'_\alpha}} \left\{ R^*_5\left(X^{i+k\ell'_\alpha}_{j_{i+k}h'_{\ell'_\alpha}}, P_\xi, P_{\psi\xi}\right) \wedge \right.$$
$$\wedge R^*_5\left(X^{i\ell_\alpha}_{jv_{\ell_\alpha}}, P_\xi, P_{\psi\xi}\right) \wedge Q_1\left(\left\langle d_{P_\psi}\right\rangle, \left\langle d_{P'_\psi}\right\rangle\right) \to \quad (6)$$
$$\left. \to Q_1\left[{}^*_5\left(X^{i\ell_\alpha}_{jv_{\ell_\alpha}}, P_\xi, P_{\psi\xi}\right); R^*_5\left(X^{i+k\ell'_\alpha}_{j_{i+k}h'_{\ell'_\alpha}}, P_\xi, P_{\psi\xi}\right)\right]\right\},$$

где Q_1 – имя предиката, выражающего отношение равенства; $\left\langle d_{P_\psi}\right\rangle, \left\langle d_{P'_\psi}\right\rangle$ – d-записи в строках D-таблиц понятий $X^{i\ell_\alpha}_{jv_{\ell_\alpha}}$ и $X^{i+k\ell'_\alpha}_{j_{i+k}h'_{\ell'_\alpha}}$.

SQN- и SI-структуры позволяют использовать элементы индуктивного вывода в ССС, имеющие большое значение в процессе подготовки ответов системой на запросы пользователя. В процессе вывода в ССС могут использоваться следующие схемы индуктивного вывода.

$$1)\ \forall x^{i+k}_{j_{i+k}v_{i+k}} \in U^{i+k}_{j_{i+k}} R\left(x^{i+k}_{j_{i+k}v_{i+k}}, x^\gamma_{j^*}\right) \to R\left(x^i_j, x^\gamma_{j^*}\right), \quad (7)$$

где понятия x^i_j и $x^{i+k}_{j_{i+k}v_{i+k}}$ связаны с SQN-отношениями;

$$2)\ \forall x^{i\alpha}_{jv_\alpha} R\left(x^{i\alpha}_{jv_\alpha}, x^\gamma_{j^*}\right) \to R\left(x^i_{jv}, x^\gamma_{j^*}\right), \quad (8)$$

где понятия $\left\{x^{i\alpha}_{jv_\alpha}\right\}$ связаны с x^i_{jv} SI-отношениями.

Схемы индуктивного вывода основаны на свойствах, которые присущи SI- и SQN-структурами. Поэтому они обладают свойством транзитивности, как и указанные структуры, т.е.

$$\forall x^i_{j_i} \forall x^{i+1}_{j_{i+1}} \forall x^{i+2}_{j_{i+2}}$$
$$\left[R\left(x^i_{j_i}, x^{i+1}_{j_{i+1}}\right) \wedge R\left(x^{i+1}_{j_{i+1}}, x^{i+2}_{j_{i+2}}\right) \to R\left(x^i_{j_i}, x^{i+2}_{j_{i+2}}\right)\right]. \quad (9)$$

Семантические сети в структуре ССС выполняют функцию экстенсиональной базы данных. СС представляет собой сеть из семантических структур шести типов для пространственно-временного контекста. Для каждой структуры определены свои схемы вывода на СС, поскольку логический вывод определяется значениями атрибутов актантов входящих в соответствующую семантическую структуру. Приведем примеры схем трех различных типов.

1. ***Схемы фактографического объединения***.

$$\exists x_2 \exists x_3 R_1\left(A^1_1, x_2, x_3, A^{11}_6\right) \wedge R_1\left(A^2_1, A^2_2, A^2_3\right) \wedge$$
$$\wedge Q_1\left(A^{11}_6, A^2_1\right) \to R_1\left(A^1_1, A^2_2, A^2_3, A^{11}_6\right), \quad (10)$$

где x_2, x_3 – неопределенные значения актантов для первого примера первой семантической структуры; $A_1, A_2, ...$ – конкретные значения актантов, причем верхний индекс обозначает номер примера структуры, к которому они относятся; Q_1 – предикат, выражающий бинарное отношение равенства.

2. ***Схемы фактографического дополнения***.

$$\exists x_2 \exists x_3 R_1\left(A^1_1, x_2, x_3, A^{11}_6\right) \wedge$$
$$\wedge R_1\left(A^2_1, A^2_2, A^2_3, A^2_6\right) \wedge Q_1\left(A^{11}_6, A^2_1\right) \to \quad (11)$$
$$\to R_1\left(A^1_1, A^2_2, A^2_3, A^2_6, A^{11}_7\right),$$

3. ***Схемы фактографического уточнения***.

$$R_2\left(A^1_1, A^{11}_6\right) \wedge R_2\left(A^2_1, A^{11}_6\right) \wedge$$
$$\wedge Q_1\left(A^{11}_6, A^2_1\right) \to R_2\left(A^1_1, A^{11}_6, A^{11}_7\right). \quad (12)$$

Используя приведенные выше схемы вывода на СС, можно осуществлять вывод на семантических структурах, в которых в качестве объекта действия используется одно и то же понятие.

При разработке схем вывода предполагалось, что в процессе работы модель проблемной области поддерживается в актуальном состоянии. Поэтому в них не учитывалось состояние семантических структур в предшествующие моменты времени, степень совершенности действий и возможность их совершения в будущем.

Выводы

Рассмотрен подход к непосредственной организации дедуктивного вывода в среде WEB-приложения посредством анализа процесса построения операционной семантики ССС, позволяющей непосредственно проводить дедуктивный вывод при реализации семантической технологии. Предложенный подход к построению операционной семантики дает возможность аксиоматизировать знания о порядке обработки модели проблемной области в соответствии с состоянием данной модели и вопросам, полученным от пользователя.

Данная операционная семантика на основе разработанных схем вывода позволяет осуществлять эффективный логический вывод и сохранять непротиворечивость экстенсиональной базы ССС в среде WEB-приложения.

Направлением дальнейших исследований является алгоритмизация процесса построения операционной семантики стратифицированных семантических сетей WEB-приложений.

Список литературы

1. Eiter T., Fink M., Sabbatini G., Tompits H. Using Methods of Declarative Logic Programming for Intelligent Information Agents // Theory and Practice of Logic Programming. – 2002. – Vol. 2, No. 6. – P. 645-709.

2. Alferes J.J., Pereira L.M., Logic Programming Updating – a guided approach // In A. Kakas and F. Sadri (editors), Computational Logic: From Logic Programming into the Future – Essays in honour of Robert Kowalski. – Springer, 2002. – Vol. 2. – P. 382-412.

3. Dix J., Furbach U., Niemelae I. Nonmonotonic Reasoning: Towards Efficient Calculi and Implementations // In A. Voronkov and Robinson (editors) Handbook of Automated Reasoning.– Elsevier, 2001. – Vol. 2, Chapt. 18. – P. 1121-1234.

4. Satoh K., Yamamoto K. Speculative computation with multi–agent belief revision // Proc. of the first intern. joint conf. on Autonomous agents and multiagent systems (Bologna, Italy). – ACM Press, 2002. – P. 897-904.

5. Morozov A.A., Obukhov Yu.V. Development of the Methods and Tools for Mathematically Correct Logic Programming of Internet Agents // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2003. – Vol. 13. – No. 2. – P. 225-227.

6. Mosconi M., Porta M. A Visual Approach to Internet Applications Development // Proc. of the 8–th Intern. Conf. on Human–Computer Interaction (HCI'99). – Munich, Germany, 1999. – Vol. 1. – P. 600-604.

7. Люгер Дж.Ф. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем. – М., СПб., К., 2003. – 863 с.

8. Орлов М.Ю. Логический вывод в ассоциативных схемах // Техническая кибернетика. – 1984. – № 5. – С. 111-131.

9. Helbig F. и а. FAS – 80 ein naturlichsprachiges Auskunfs system. VEB. Roboten 2FT, WIB nr. 18, 1983, 97 – 107 p.

10. Дойл Дж. Система поддержания истинности // В кн.: Кибернетический сборник. Новая серия. Вып. 20. Сб. статей. – М.: Мир, 1983. – С. 159-215.

Поступила в редколлегию 19.04.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.

АНАЛІЗ ПОБУДОВИ ОПЕРАЦІЙНОЇ СЕМАНТИКИ СТРАТИФІКОВАНИХ СЕМАНТИЧНИХ МЕРЕЖ WEB-ДОДАТКІВ

Любченко Н.Ю.

Розглянутий підхід до безпосередньої організації дедуктивного висновку в середовищі WEB-додатку за допомогою аналізу процесу побудови операційної семантики стратифікованої семантичної мережі, що дозволяє безпосередньо проводити дедуктивний висновок при реалізації семантичної технології. При цьому зберігається несуперечність екстенсіональної бази даних відповідного WEB-додатку. Розглянуті схеми фактографічного об'єднання, доповнення і уточнення.

***Ключевые слова**: операційна семантика, стратифікована семантична мережа, WEB-додаток.*

ANALYSIS OF CONSTRUCTION OPERATIONAL SEMANTICS STRATIFICATIONSEMANTIC NETWORKS WEB-APPENDIXES

Lybchenko N.Y.

Approach is considered to direct organization of deductive conclusion in the environment of WEB-appendix by means of analysis of process of construction of operational semantics of stratification semantic network, allowing directly to conduct a deductive conclusion during realization of semantic technology. Uncontradiction of extensional database the proper WEB-appendix is thus saved. The charts of factualassociation, addition and clarification are considered.

***Key words:** operational semantics, stratification semantic network, WEB-appendix.*