

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 экстенциональной 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-логическим средством для построения модели проблемной области в некоторой системе представления знаний. Одной из важнейших особенностей СССР 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 СССР, позволяющей непосредственно проводить дедуктивный вывод при реализации семантической технологии в среде WEB-приложений. Механизм логического вывода в СССР отличается от традиционных, например, от принципа резолюций. Проявляется это в том, что в процессе вывода не изменяются исходные формулы и

не генерируются новые, а осуществляется обработка универсумов понятий CCC [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 CCC и экстенциональной структуре K. Вывод на семантических сетях (СС) также включает в себя процедуры обработки фактографической базы данных CCC. Кроме того, в процессе логического вывода в CCC будут использоваться средства поддержания непротиворечивости экстенциональной базы данных и управления логическим выводом. Эти средства являются необходимыми для устранения проблемы монотонности процесса дедукции [8]. Логический вывод в CCC 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  $\{X_j^i\}$ ,  $\{X_{j+k}^{i+k}\}$  – соответственно множества понятий i-й и (i + k)-й страт понятийной структуры S, которые связаны отношениями SQN и  $(X_{j_1}^i, \dots, X_{j_\ell}^i) \in U_j^i$ ,  $(X_{j+k_1}^{i+k}, \dots, X_{j+k_\ell}^{i+k}) \in U_{j+k}^{i+k}$ , то справедливы следующие два типа схем вывода:

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

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

2) если  $x_j^\gamma$  связано с  $x_j^i$  отношением SQN

$$\begin{aligned} & R\left(x_j^i, x_j^\gamma\right) \rightarrow \\ & \rightarrow \forall X_{j+k}^{i+k} \in U_{j+k}^{i+k} \forall X_{j^\gamma}^\gamma \in U_j^\gamma R\left(x_{j+k}^{i+k}, X_{j^\gamma}^\gamma\right) \wedge \\ & \wedge \forall X_{j_\xi}^i \in U_j^i \forall X_{j^\gamma}^\gamma \in U_j^\gamma R\left(x_{j_\xi}^i, X_{j^\gamma}^\gamma\right). \end{aligned}$$

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

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

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

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

а  $X_{j_t \alpha}^{i\alpha'}$  – понятие, связанное с  $X_{jv_\alpha}^{i\alpha}$  отношением Q,

$$\text{причем } X_{j_t \alpha}^{i\alpha'} \in \bigcup_{\alpha=1}^{\ell_{\alpha'}} U_{j\alpha'}^i \forall t \left( \overline{R}^{\alpha'} \left| X_{j_t \alpha}^{i\alpha'} \right. \right) = X_{j_t}^i.$$

При этом определяются формализмы следующих схем вывода:

$$\begin{aligned} & \forall X_{jv_\alpha}^{i\alpha} \forall X_{j_t \alpha}^{i\alpha'} Q\left(X_{jv_\alpha}^{i\alpha}, X_{j_t \alpha}^{i\alpha'}\right) \rightarrow \\ & \rightarrow \forall X_{j_t \alpha}^{i\alpha'} \forall X_{jh_\alpha}^{i\alpha'} Q\left(X_{j_t \alpha}^{i\alpha'}, X_{jh_\alpha}^{i\alpha'}\right); \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \forall X_{jv_\alpha}^{i\alpha} \exists X_{j_t \alpha}^{i\alpha'} Q\left(X_{jv_\alpha}^{i\alpha}, X_{j_t \alpha}^{i\alpha'}\right) \rightarrow \\ & \rightarrow \forall X_{jh_\alpha}^{i\alpha'} \exists X_{j_t \alpha}^{i\alpha'} Q\left(X_{jh_\alpha}^{i\alpha'}, X_{j_t \alpha}^{i\alpha'}\right), \quad (3) \end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned} & \exists! X_{jv_\alpha}^{i\alpha} \exists X_{j_t \alpha}^{i\alpha'} \exists X_{jh_\alpha}^{i\alpha'} \\ & \left[ Q\left(X_{jv_\alpha}^{i\alpha}, X_{j_t \alpha}^{i\alpha'}\right) \wedge Q\left(X_{jh_\alpha}^{i\alpha'}, X_{j_t \alpha}^{i\alpha'}\right) \right] \rightarrow \exists X_{jh_\alpha}^{i\alpha'}. \quad (4) \end{aligned}$$

Поскольку CCC представляет собой формально-логические средства построения моделей функционирования определенного класса систем – сложных организационных иерархических систем (СО-ИС) при решении ими задач оперативного управления, когда достаточно четко определены направления декомпозиции корневых понятий, введение избыточности  $U_{jv}^i \cap U_{jh}^i \neq 0$  при  $R\left(X_{jv}^i, X_{jh}^i\right)$  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 экстенциональная информация об элементах универсумов наибольших порядков понятий CCC [9]. Для отдельного элемента каждая строка его D-таблицы определяется именем предикатного отношения  $R_\xi^*$ , в которое входит данный элемент с ролью 1, именем дополнительного понятия  $P_\xi$ , конкретизирующим вид информации об элементе, при-

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

$$X_j^i \xrightarrow{SI} X_{jv\ell\alpha}^{i\ell\alpha} \rightarrow R_5^* : P_\xi : P_{\psi\xi} : \langle d_{P_\psi} \rangle.$$

Определим схемы вывода на  $D$ -таблицах:

$$\forall X_{jv\ell\alpha}^{i\ell\alpha} \in U_{j\ell\alpha}^i \forall X_{jh\ell\alpha}^{i\ell\alpha} \in U_{j\ell\alpha}^i \left[ Q_1 \left( \langle d_{P_\psi} \rangle, \langle d_{P_\psi'} \rangle \right) \wedge \wedge R_5^* \left( X_{jv\ell\alpha}^{i\ell\alpha}, P_\xi, P_{\psi\xi} \right) \rightarrow R_5^* \left( X_{jh\ell\alpha}^{i\ell\alpha}, P_\xi, P_{\psi\xi} \right) \right], h \neq v; \quad (5)$$

$$\forall X_{jv\ell\alpha}^{i\ell\alpha} \in U_{j\ell\alpha}^i \forall X_{j_1+k'h\ell\alpha}^{i+k\ell\alpha} \in U_{j_1+k'h\ell\alpha}^{i+k\ell\alpha} \left\{ R_5^* \left( X_{j_1+k'h\ell\alpha}^{i+k\ell\alpha}, P_\xi, P_{\psi\xi} \right) \wedge \wedge R_5^* \left( X_{jv\ell\alpha}^{i\ell\alpha}, P_\xi, P_{\psi\xi} \right) \wedge Q_1 \left( \langle d_{P_\psi} \rangle, \langle d_{P_\psi'} \rangle \right) \rightarrow \right. \quad (6)$$

$$\left. \rightarrow Q_1 \left[ R_5^* \left( X_{jv\ell\alpha}^{i\ell\alpha}, P_\xi, P_{\psi\xi} \right); R_5^* \left( X_{j_1+k'h\ell\alpha}^{i+k\ell\alpha}, P_\xi, P_{\psi\xi} \right) \right] \right\},$$

где  $Q_1$  – имя предиката, выражающего отношение равенства;  $\langle d_{P_\psi} \rangle, \langle d_{P_\psi'} \rangle$  –  $d$ -записи в строках  $D$ -таблиц понятий  $X_{jv\ell\alpha}^{i\ell\alpha}$  и  $X_{j_1+k'h\ell\alpha}^{i+k\ell\alpha}$ .

SQL- 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.

$$1) \forall X_{j_1+k'v_{i+k}}^{i+k} \in U_{j_1+k}^{i+k} R \left( X_{j_1+k'v_{i+k}}^{i+k}, X_{j'}^i \right) \rightarrow R \left( X_{j'}^i, X_{j'}^i \right), \quad (7)$$

где понятия  $x_j^i$  и  $x_{j_1+k'v_{i+k}}^{i+k}$  связаны с SQL-отношениями;

$$2) \forall X_{jv\alpha}^{i\alpha} R \left( X_{jv\alpha}^{i\alpha}, X_{j'}^i \right) \rightarrow R \left( X_{jv}^i, X_{j'}^i \right), \quad (8)$$

где понятия  $\{X_{jv\alpha}^{i\alpha}\}$  связаны с  $x_{jv}^i$  SI-отношениями.

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

$$\forall X_{j_1}^i \forall X_{j_1+1}^{i+1} \forall X_{j_1+2}^{i+2} \left[ R \left( X_{j_1}^i, X_{j_1+1}^{i+1} \right) \wedge R \left( X_{j_1+1}^{i+1}, X_{j_1+2}^{i+2} \right) \rightarrow R \left( X_{j_1}^i, X_{j_1+2}^{i+2} \right) \right]. \quad (9)$$

Семантические сети в структуре ССС выполняют функцию экстенциональной 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.

$$\exists x_2 \exists x_3 R_1 \left( A_1^1, x_2, x_3, A_6^{11} \right) \wedge R_1 \left( A_1^2, A_2^2, A_3^2 \right) \wedge \wedge Q_1 \left( A_6^{11}, A_1^2 \right) \rightarrow R_1 \left( A_1^1, A_2^2, A_3^2, A_6^{11} \right), \quad (10)$$

где  $x_2, x_3$  – неопределенные значения актантов для первого примера первой семантической структуры;  $A_1, A_2, \dots$  – 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.

$$\exists x_2 \exists x_3 R_1 \left( A_1^1, x_2, x_3, A_6^{11} \right) \wedge \wedge R_1 \left( A_1^2, A_2^2, A_3^2, A_6^2 \right) \wedge Q_1 \left( A_6^{11}, A_1^2 \right) \rightarrow \quad (11)$$

$$\rightarrow R_1 \left( A_1^1, A_2^2, A_3^2, A_6^2, A_7^{11} \right),$$

### 3. Схемы фактографического уточнения.

$$R_2 \left( A_1^1, A_6^{11} \right) \wedge R_2 \left( A_1^2, A_6^{11} \right) \wedge \wedge Q_1 \left( A_6^{11}, A_1^2 \right) \rightarrow R_2 \left( A_1^1, A_6^{11}, A_7^{11} \right). \quad (12)$$

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 экстенциональной базы ССС в среде WEB-приложения.

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

## Список літератури

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. u a. *FAS – 80 ein naturlichsprachiges Auskunfts 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 екстенціональної 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 STRATIFICATION SEMANTIC 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 factual association, addition and clarification are considered.*

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