

РИС. 4

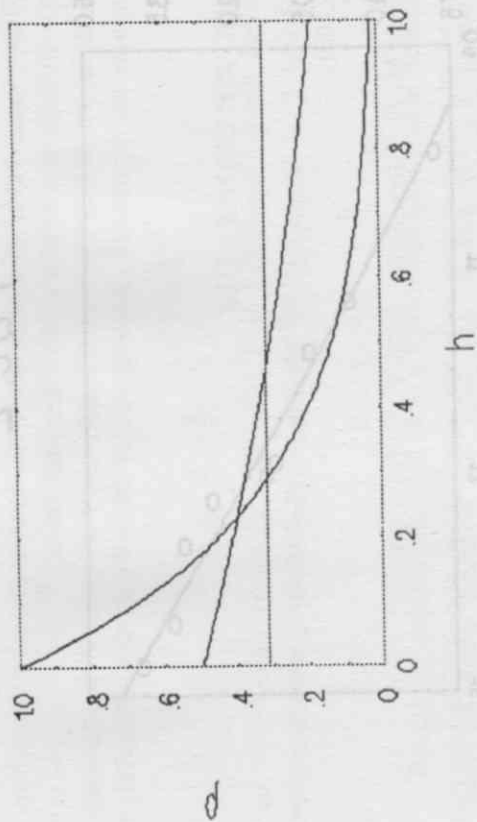


РИС. 5

Представление знаний с помощью семантических метасетей

Сеппо Пууронен, Ваган Терзиян

В этой статье предлагается использовать многоуровневые семантические сети для представления знания в пределах нескольких уровней контекста. Нулевым уровнем представления является семантическая сеть, включающая знания о базовых объектах данной области и связях между ними. Первый уровень представления использует семантическую сеть для представления контекстов и их взаимосвязей. Второй уровень представляет связи между метаконтекстами и следующей уровнем метаконтекст и т.д. на следующих уровнях. Высший уровень включает знание, которое считается "истиной" в любом контексте. Такая семантическая метасеть является множеством семантических сетей, которые накладываются друг на друга так, что отношения предыдущего уровня являются узлами следующего. Целью получения такого представления являются: получение знаний о любом отношении, интерпретируемом на высшем уровне контекста; получение знания о любом отношении если известен контекст в котором это отношение интерпретируется и результат интерпретации; получение знания о любом неизвестном контексте путем анализа его эффекта на полученное знание. Обсуждаются уравнивания метасемантической алгебры, которые используются для обоснования этой многоуровневой контекстной структуры.

1 Введение

Общепринято, что знание содержит контекстуальную компоненту. Приобретение, представление и эксплуатация знаний в контексте дало бы большой вклад в представление знаний, приобретение знаний, объясне-

ние [3]. На это было указано в [4], что системы работы с базами знаний не используют корректно свои знания. Когда знание получается от человека, эксперты обычно не включают его контекст.

Задачи обработки базы знаний и многочисленных экспертов тесно связаны с задачами использования контекста. Цель исследования описанного в [13] развить формальную метасемантическую алгебру [1] которая дала бы правило семантического баланса. Это правило определяет что если существуют различия между внутренней и внешней семантикой объекта в каком-либо мире, то эти различия могут быть использованы для получения дополнительных знаний о внутренней и внешней семантики объекта. Процесс обработки предлагается делать шаг за шагом как непрерывное изменение базы знаний. Каждый шаг содержит автоматический анализ семантического баланса.

Исследование представленное в [14] развивает попытки вывода с использованием знаний полученных из нескольких источников. Источники группируются в соответствии с типом получаемого знания в многоуровневую иерархическую структуру. Первый уровень состоит из экспертов, которые обладают знаниями о базовых объектах и их взаимосвязях. Второй уровень включает тех экспертов, которые имеют знания об отношениях между экспертами на первом уровне и так каждый следующий уровень соответственно. Показывается как получить наиболее поддерживаемое мнение между экспертами на каждом уровне. Это используется для упорядочения экспертов по категориям в соответствии с их компетенцией определяющейся как поддержка полученная от коллег. Результат может быть использован как обоснование с помощью знания, которое содержит разные мнения из множества источников.

Целью исследований представленных в [15] является развитие методов поддержки противоречивых знаний из различных источников. Знания представляются с использованием предикатов, которые определяют отношения между тремя множествами: объектами, понятиями и источниками знаний. Источники выражают свое понимание использованием каждого понятия для описания каждого объекта. Для простоты головокание ограничено так, что каждый источник может принять использовать понятие для описания объекта, отвергнуть это или воздержаться. Такое представление аналогично коллективному голосованию с использованием трех значений: да, нет и воздержался. В этом исследовании мы находим и интерпретируем связи между любой парой подмножеств

одного типа (объекты, понятия и источники знаний). Такие связи называются внутренними отношениями. Аналогично определяем отношение между любыми двумя подмножествами разных типов как внешнее отношение. Пересечения между множествами интерпретируется как многоуровневая структура знания и используются для обработки знаний. Представленная техника обработки базируется на получении наиболее поддерживаемого группой экспертов мнения и дальнейшем его усвоении путем использования многоуровневой структуры источников знаний или понятий.

Контекстуальная компонента знания тесно связана с получением знаний от одного и более экспертов в порядке создания единой базы знаний (или например для совместного построения объяснения [2]). Может ли пересекающееся знание, полученное из многих источников быть описано так, чтобы оно было контекстно или даже процессно независимым? В [10] был дан отрицательный ответ. Несомненно, подразумевался способ получения, который был последовательно применен к относящимся областям, но в общем, множества правил были различны. Если доступен более чем один эксперт, кто-то должен также выбрать мнение лучшего эксперта или объединить их мнения. Предполагается, что когда мнения экспертов объединены, они предлагают достаточно указаний, ведущих к построению исчерпывающей теории.

Очень важный вопрос поднят в [3]. Контекст упрощает или усложняет создание базы знаний? Является контекст объектом области? Можно ли перемещаться от одного контекста к другому [5]? Каковы возможные формализмы, которые по-видимому допускают явное представление контекста?

Идея семантической метасети в общем подтверждается в [6] и далее разрабатывается в [1,11]. В [6] метаотношения рассматривались как "рождение" и "смерть" правил для отношений. Так, в метасети существуют метаотношения, которые определяют метаправила рождения и смерти правил. Таким образом семантическая метасеть вместе с описанием динамика описания мира, тем больше уровней метаотношений содержит семантическая метасеть.

Эта статья включает различное использование семантической метасети. Нулевой уровень представления - семантическая сеть, включающая знания о базовых объектах данной области и отношения в раз-

личных контекстах. Первый уровень использует семантическую сеть для представления знаний о контекстах и их взаимосвязях. Взаимосвязи между контекстами рассматриваются в каких-то других контекстах — метаконтекстах. Второй уровень представления определяет взаимосвязи между метаконтекстами и так же для каждого следующего уровня. Предполагается, что наивысший уровень включает знания, которое рассматривается как "истина" в любом контексте. Семантическая метасеть — это множество семантических сетей, где отношения предыдущего уровня являются узлами следующего.

Каково основное использование семантических метасетей? Необходимость в метазнании широко подтверждается в проектировании знаний и его главное применение — помощь в выводе (например в [7] рассматривается метаобоснование). Так, представление знаний создано и поддерживается в порядке получения выводов с использованием этого знания. Шастри [8] поддерживает в своей статье два важных свойства вывода: наследование и распознавание. Вудс [12] обсуждает очень глубокую классификацию понятий с принятием во внимание данной таксономической структуры. Шапиро обсуждал также вывод как редукцию вывода и "path-based" вывод [9]. Контекст может также рассматриваться как механизм обоснования знания. Одно из преимуществ получения явно представимого контекста — возможность вывода внутри и между контекстами, и таким образом делать явные изменения в обоснованиях между контекстами [5].

Наша цель классифицировать и описать задачи обоснования с использованием знания в его контексте, который представим в семантической метасети. Вот они: как получить знание о любом отношении, которое интерпретируется на высшем уровне контекста: как получить знание о любом отношении, если известен контекст в котором интерпретировано это отношение и результат интерпретации; как получить знание о любом неизвестном контексте, анализируя его эффект на имеющемся знании.

2 Семантическая метасеть

Семантическая метасеть — это математическая модель знания с контекстом. Каждое отношение в модели ссылается на контекст в котором

существует это отношение. Есть два типа отношений: отношение связи между двумя объектами (стрелка между узлами графа) и отношение объекта с собой (стрелка от узла к нему же). Дальнейшие типы отношений являются свойствами объектов. Однородная семантическая сеть используется для описания знаний о базовых объектах и их взаимосвязях. Рассматриваем так же контекст как объект в дополнении к базовым объектам. Это значит, что контекст может иметь свойства и взаимоотношения с другими контекстами. Знание о свойствах и отношениях между контекстами создает новую семантическую сеть, которая рассматривается как описание следующего уровня представления знаний. Иногда также необходимо описывать контексты и их отношения. Будем говорить о контексте в котором интерпретируем знание о других контекстах как о метаконтексте.

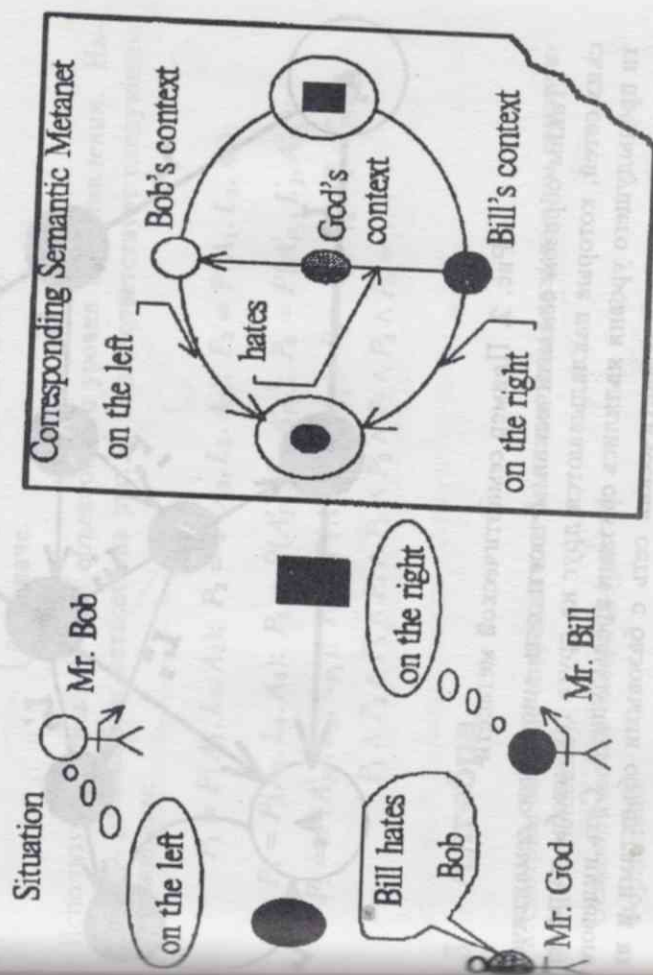


Рис. 1. Интерпретация семантической метасети

Метаконтексты сами по себе образуют новую семантическую сеть —

уровень описания метаконтекстов и их взаимодействия. Уровни такого представления соотносятся друг с другом в силу соответствия: отношение каждого предыдущего уровня является контекстом (метаконтекстом) следующего уровня в котором выполняется это отношение.

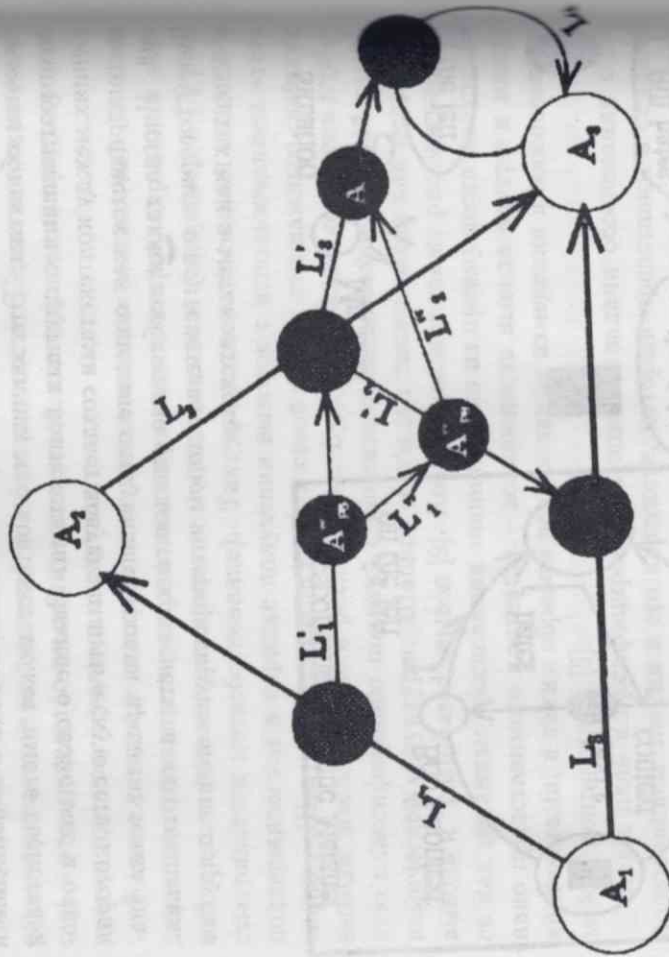


Рис. 2. Пример семантической метасети

Таким образом семантическая метасеть есть множество семантических сетей, которые накладываются друг на друга так, чтобы узлы сети предыдущего уровня являлись связями предыдущего. Сеть нулевого уровня - однородная семантическая сеть с базовыми объектами и их взаимодействиями.

Мы считаем, что метаконтексты помогают согласовывать различные мнения, касающиеся описания одинаковых объектов.

Пример представлен на рис. 1. На нем видно, что позиция каждого

источника знания определяет контекст, который влияет на его мнение. Семантическая сеть сохраняет оба мнения с их контекстами так же как мнение эксперта, который знает взаимоотношения между источниками.

Формально метасеть - тройка (A, L, S) , где A - множество объектов метасети, включающих объекты, контексты и метаконтексты, в зависимости от уровня; L - множество различно названных отношений; S - множество отношений описываемых так:

$$S = \bigwedge_{i,j,k} P(A_i, L_k, A_j), A_i, A_j \in A, L_k \in L$$

где P - семантический предикат:

$$P(A_i, L_k, A_j) = \begin{cases} 1, & \text{если есть отношение (обозначаемое } L_k) \\ & \text{между объектами } A_i \text{ и } A_j; \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Используем запись $A^{(i)}$ для объектов i -го уровня представления. Например, рассмотрим метасеть на рис. 2. Она соответствует следующим выражениям:

$$\begin{aligned} P_1 &= P(A_1, L_1, A_2); P_2 = P(A_2, L_2, A_3); P_3 = P(A_1, L_3, A_3); \\ P_4 &= P(A_3, L_4, A_3); P_5 = P(A'_1, L_1, A'_2); P_6 = P(A'_2, L'_2, A'_3); \\ P_7 &= P(A'_2, L'_3, A'_3); P_8 = P(A''_2, L''_1, A''_3); P_9 = P(A''_2, L''_2, A''_3); \\ &P_1 \wedge P_2 \wedge P_3 \wedge P_4 \wedge P_5 \wedge P_6 \wedge P_7 \wedge P_8 \wedge P_9 = 1. \end{aligned}$$

3 Алгебра

Рассмотрим базовые операции над L -множеством (называемом семантические отношения).

Семантическая инверсия (рис. 3).

Формально:

$$P(A_i, L_k, A_j) \equiv P(A_j, \bar{L}_k, A_i)$$

где \bar{L}_k - новое инверсное отношение. Оно может быть обозначено другим символом L_m и добавлено в L -множество.

Семантическое умножение (рис. 4).

Формально:

$$P(A_i, L_k, A_s) \wedge P(A_s, L_n, A_j) \supset P(A_i, L_k * L_n, A_j)$$

где $L_k * L_n = L_m$ и L_m - новое отношение, добавляемое в L -множество.



Рис. 3. Операция семантической инверсии

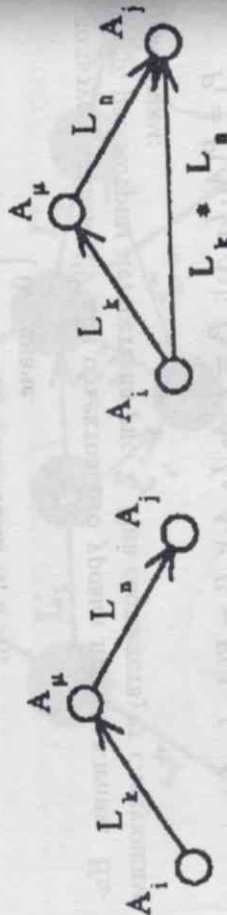


Рис. 4. Операция семантического умножения

Семантическое сложение (рис. 5).

$$P(A_i, L_k, A_j) \wedge P(A_i, L_n, A_j) \equiv P(A_i, L_k + L_n, A_j)$$

где $L_k + L_n = L_m$ и L_m - новое отношение, принадлежащее L -множеству.

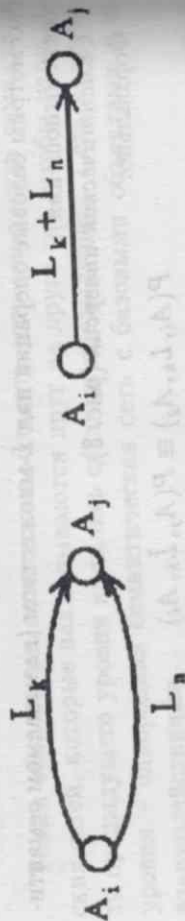


Рис. 5. Операция семантического сложения

Операция семантической интерпретации делает доступной структуру контекстов со всех более высоких уровней, где определяется отношения между любыми парами объектов нижнего уровня на рис. 6. Это значит, что если есть знание L_k о некотором отношении и все знание L'_n о контексте, то можно получить новое знание об этом отношении, которое интерпретируется в этом контексте. Формально:

$$P(A_i, L_k, A_j) \wedge (P_r = P(A_i, L_k, A_j)) \wedge P(A_{P_r}, L'_n, A_{P_r}) \equiv P(A_i, L'_k, A_j)$$

где L'_k обозначает семантическую интерпретацию знания L_k в знании L'_n о контексте A_{P_r} .

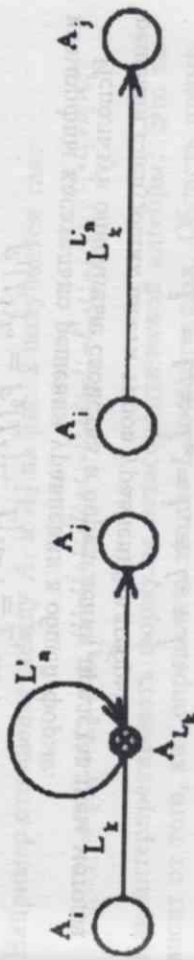


Рис. 6. Операция семантической интерпретации

Это так же может быть обозначено $L_m = L'_k$ и быть включено в L -множество. В этой алгебре определяем отношение "эквивалентно" ($SAME$) как семантическую константу со следующими свойствами:

- 1) $SAME = \sim SAME$
- 2) $SAME * SAME = SAME$
- 3) $SAME * L_k = L_k * SAME = L_k$
- 4) $SAME + L_k = L_k + SAME = L_k$
- 5) $L_k * \bar{L}_k = \bar{L}_k * L_k = SAME$
- 6) $\bar{L}_k = \bar{\bar{L}}_k = SAME$
- 7) $L_i + L'_i = SAME, L'_i = L \setminus L_i$

4 Уравнения алгебры

Уравнения алгебры – следующие общие выражения: $F_1(L^1) = F_2(L^2)$ где F_1, F_2 функции, использующие операции метасемантической алгебры и определенные на подмножествах L^1, L^2 множества L . Существует минимум одно неизвестное отношение L_x , определенное на всем множестве L .

Под решением такого уравнения подразумеваем отношение (строго заданное или переменное), которое при подстановке в уравнение вместо L_x превращает его в тождество. Отметим, что уравнения:

$$\tilde{F}_1(L^1) = \tilde{F}_2(L^2); L_i + F_1(L^1) = L_i + F_2(L^2);$$

$$L_i * F_1(L^1) = L_i * F_2(L^2); F_1(L^1) * L_i = F_2(L^2) * L_i;$$

$$F_1(L^1)^{L_i} = F_2(L^2)^{L_i}; L_i^{F_1(L^1)} = L_i^{F_2(L^2)}$$

и изоморфны касательно решения уравнения в общей форме.

Используя описанные свойства и определения представляем методы решения следующих шести типов уравнений алгебры.

$$\tilde{L}_x = L_i \Rightarrow \tilde{L}_x = \tilde{L}_i \Rightarrow L_x = \tilde{L}_i;$$

$$L_x + L_i = L_j \Rightarrow L_x + L_i^* = L_j + L_i^* \Rightarrow L_x + SAME = L_j + L_i^* \Rightarrow L_x = L_j + L_i^*$$

$$L_x * L_i = L_j \Rightarrow L_x * L_i^* \tilde{L}_i \Rightarrow L_x * SAME = L_j * \tilde{L}_i \Rightarrow L_x = L_j * \tilde{L}_i;$$

$$L_i * L_x = L_j \Rightarrow \tilde{L}_i * L_i * L_x = \tilde{L}_i * L_j \Rightarrow SAME * L_x = \tilde{L}_i * L_j \Rightarrow L_x = \tilde{L}_i * L_j;$$

$$L_x^{L_i} = L_j \Rightarrow (L_x^{L_i})^{L_i} = L_j^{L_i} \Rightarrow L_x^{(L_i)^{L_i}} = L_j^{L_i} \Rightarrow L_x = L_j^{L_i};$$

$$L_i^{L_x} = L_j \Rightarrow \tilde{L}_i^{(L_x)^{L_i}} = \tilde{L}_i^{L_j} \Rightarrow (\tilde{L}_i^{L_i})^{L_x} = \tilde{L}_i^{L_j} \Rightarrow L_x = \tilde{L}_i^{L_j};$$

Используя эти примеры можно решать более сложные уравнения, например:

$$\tilde{L}_1 * L_2^{(L_3 * L_x * L_4 + L_5)^{L_6}} * L_7 + L_8 = L_9 \Rightarrow \tilde{L}_1 * L_2^{(L_3 * L_x * L_4 + L_5)^{L_6}} * L_7 = L_9 + L_8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L_2^{(L_3 * L_x * L_4 + L_5)^{L_6}} * L_7 = L_1 * (L_9 + L_8) \Rightarrow L_2^{(L_3 * L_x * L_4 + L_5)^{L_6}} = L_1 * (L_9 + L_8)^{L_7} * \tilde{L}_7 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L_2^{(L_3 * L_x * L_4 + L_5)^{L_6}} = (L_1 * (L_9 + L_8)^{L_7})^{L_6} \Rightarrow \tilde{L}_3 * \tilde{L}_x * L_4 + L_5 = \tilde{L}_2^{(L_1 * (L_9 + L_8)^{L_7})^{L_6}}$$

$$\Rightarrow \tilde{L}_3 * \tilde{L}_x * L_4 = \tilde{L}_2^{(L_1 * (L_9 + L_8)^{L_7})^{L_6}} + L_5 \Rightarrow \tilde{L}_x * L_4 = L_3 * (\tilde{L}_2^{(L_1 * (L_9 + L_8)^{L_7})^{L_6}} + L_5)^{L_2}$$

$$\Rightarrow \tilde{L}_x = L_3 * (\tilde{L}_2^{(L_1 * (L_9 + L_8)^{L_7})^{L_6}} + L_5)^{L_2} * \tilde{L}_4 \Rightarrow L_x = \sim (L_3 * (\tilde{L}_2^{(L_1 * (L_9 + L_8)^{L_7})^{L_6}} + L_5)^{L_2})^{L_4}$$

5 Обоснование с помощью семантической метасети

Используя семантические метасети можно решить следующую задачу обоснования:

Получить интерпретированное знание о любом отношении (получение знания здесь означает получение формулы отношения, интерпретируемого на высшем уровне контекста). Полученное отношение как-нибудь обозначается и включается в L -множество. Эта задача может быть решена путем использования операций алгебры. Интерпретированное знание любого отношения может быть получено по следующей схеме:

$$() = \{ () \}^{n-1} \dots (n-1)$$

Например отношение между A_1 и A_3 на рис. 2 получается так:

$$L_{A_1 - A_3} = (L_1 * L_2 + L_3) (L_1^{L_1} * L_3^{L_1} + L_1^{L_1} * L_2^{L_1} + L_2^{L_1} * L_3^{L_1} + L_1^{L_1} * L_2^{L_1} * L_3^{L_1} + L_1^{L_1} * L_2^{L_1} * L_3^{L_1} * L_2^{L_1} + L_2^{L_1} * L_3^{L_1} * L_1^{L_1})$$

Как интерпретировать формулы метасемантической алгебры? Это зависит от того, как определить знание L_k о контекстах. Область применения в этой задаче есть метаконтекст, который определяет путь представления контекста. Некоторые примеры вспомогательных интерпретаций даны в [1,11]:

Получение "объективного" знания о любом неизвестном отношении, когда известна его интерпретация на высшем уровне контекста. Эта задача решается путем решения такого уравнения:

$$L_x^{\tilde{L}_i} = ();$$

Получение знания о любом неизвестном контексте путем анализа его влияния на полученное знание. Эта задача решается путем решения такого уравнения:

$$()^{L_x} = ();$$

6 Заключение

В нашей предыдущей работе мы описывали метаобъекты в метасети как правила определяющие поведение соответствующих отношений. В

этой работе мы предлагаем интерпретацию метаобъектов как контекстов. Это позволяет упорядочить контексты в иерархическом представлении, уровни которого могут быть полезны в процессе обоснования. Мы представили общую структуру получения трех типов отношений: интерпретированного знания о любом отношении в любом контексте; "объективного" знания о любом отношении, если известна его интерпретация в некотором контексте; знания о любом неизвестном контексте. Дальнейшие исследования необходимы для создания средств интерпретации выражений Алгебры в различных приложениях.

Список литературы

- [1] Bondarenko M., Grebenyuk V., Terziyan V., Reasoning Based on the Algebra of Semantic Relation. Pattern Recognition and Image Analysis 3,4 (Interperiodica Publisher, 1993), 488-499.
- [2] Brezillon P., Context Needs in Cooperative Building of Explanations. In: Proc. of the First European Conf. on Cognitive Science in Industry (1994), 443-450.
- [3] Brezillon P., Abu-Hakima S., Using Knowledge in its Context: Report on the IJCAI-93 Workshop. AI Magazine 16, 1 (1995), 87-91.
- [4] Brezillon P., Cases E., Cooperating for Assisting Intelligently Operators. In: International Workshop on the Design of Cooperative Systems (1995), 370-384.
- [5] McCarthy J., Notes on Formalizing Context. In: Proc. of 13-th International Joint Conference on Artificial Intelligence (1993), 555-560.
- [6] Puuronen S., Terziyan V., A Metasemantic Network. In: New Directions in Artificial Intelligence (Finnish AI Society 1992), 136-143.
- [7] Russel S., Wefald E., Principles of Metareasoning. Artificial Intelligence 49, 1-3 (1991), 361-395.
- [8] Shastri L., Default Reasoning in Semantic Networks: A Formalization of Recognition and Inheritance. Artificial Intelligence 39, 3 (1989), 283-355.

- [9] Shapiro S.C., Cables, Paths and "Subconscious" Reasoning in Propositional Semantic Network. In: Principles of Semantic Networks (Morgan Kaufmann 1991), 137-156.
- [10] Taylor W.A., Weimann D.H., Martin P.J., Knowledge Acquisition and Synthesis in a Multiple Source Multiple Domain Process Context. Expert Systems with Applications 8, 2 (1995), 295-302.
- [11] Terziyan V., Multilevel Models for Knowledge Bases Control and Their Applications to Automated Information Systems. Post Doctoral Degree Thesis, (State Technical University of Radioelectronics 1993), (in Russian).
- [12] Woods W., Understanding Subsumption and Taxonomy A Framework for Progress. In: Principles of Semantic Networks (Morgan Kaufmann 1991), 45-94.
- [13] Grebenyuk V., Kaikova H., Terziyan V., Puuronen S., The Law of Semantic Balance and its Use in Modelling Possible Worlds. In: STeP-96 - Genes, Nets and Symbols, (Finnish AI Society 1996), 97-103.
- [14] Puuronen S., Terziyan V., Modelling Consensus Knowledge from Multiple Sources Based on Semantic of Concepts. In: Challenges of Design, ER'96 International Conference on Conceptual Modelling (Cottbus, Germany, October 1996), pp9.133-146.
- [15] Puuronen S., Terziyan V., Voting-Type Technique of the Multiple Expert Knowledge Refinement, In: Emerging Paradigms for Intelligent Systems, HAWAII International conference on Systems Sciences - 30 (Kihei, Maui, Hawaii, January 1997), (to appear).