



# OSTIS-2013

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.8+620

## СЕМАНТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО, КОГНИТИВНОГО И СОБЫТИЙНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Массель Л.В., Массель А.Г.

*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,*

*г. Иркутск, Россия*

**massel@isem.sei.irk.ru**

**amassel@gmail.com**

В статье рассматриваются вопросы построения семантических технологий на основе интеграции онтологического, когнитивного и событийного моделирования. Рассматривается совместное использование семантического и математического моделирования в исследованиях проблем энергетической безопасности (ЭБ). Для поддержки семантических технологий описания знаний и управления знаниями разработана интеллектуальная ИТ-среда, интегрирующая инструментальные средства семантического моделирования: онтологического, когнитивного и событийного.

**Ключевые слова:** семантические технологии; онтологическое; когнитивное и событийное моделирование.

### ВВЕДЕНИЕ

При решении прикладных задач, как правило, приходится сталкиваться с необходимостью интеграции разнородных информационных технологий. Авторам пришлось решать эту проблему при автоматизации исследований проблем энергетической безопасности России и ее регионов.

В исследованиях, выполняемых в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, энергетическая безопасность (ЭБ) рассматривается как составляющая национальной безопасности, в частности, как состояние защищенности граждан, общества, государства и экономики от угроз дефицита в обеспечении их обоснованных потребностей топливно-энергетическими ресурсами приемлемого качества в различных условиях [Бушуев и др., 1998].

В исследованиях проблем ЭБ, как правило, решается задача оценки состояния ТЭК России и ее регионов с использованием индикаторов энергетической безопасности (ЭБ) – набора параметров, характеризующих состояние ТЭК и энергетических систем. При этом традиционно решается общая задача линейного программирования, в которой используется технико-экономическая модель ТЭК большой размерности (до нескольких тысяч переменных и нескольких сотен уравнений).

Исследования проблем ЭБ носят многовариантный характер, т.к. рассматриваются и оцениваются возможные варианты направлений развития ТЭК с учетом различных сценариев, описывающих возмущения, вызванные угрозами ЭБ. В последнее время в исследованиях ЭБ принят комбинаторный подход, в результате чего может быть сгенерировано от одного до пяти миллионов вариантов. Для их оценки выбирается соответствующий «коридор» вариантов, что существенно снижает их количество, тем не менее, нагрузка на эксперта очень высока.

Для усовершенствования технологии и снижения нагрузки на эксперта авторами предложено перейти к двухуровневой технологии исследований с использованием методов ситуационного анализа, когда на первом, верхнем уровне используются качественные методы оценки для выбора интересующих эксперта вариантов [Массель Л., 2010], [Массель А., 2010], которые затем детально рассчитываются на втором уровне с использованием традиционных математических моделей. С этой целью разработаны методы построения и совокупность семантических моделей, которые будут рассмотрены ниже, а также инструментальные средства поддержки семантических технологий описания знаний и управления ими.

## 1. СЕМАНТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Термин «семантическая модель» впервые появился и активно используется в прикладном языкознании. В информатике этот термин начали применять в связи с построением моделей данных [Цаленко, 1989] и впоследствии он стал ассоциироваться с инфологической моделью, или моделью «сущность-связь» (моделью Чена). В области искусственного интеллекта появилась модель представления знаний «семантические сети», внешне похожая на модель «сущность-связь». В 90-х годах Т. Грубер предложил использовать для представления декларативных знаний онтологические модели знаний, или *онтологии* [Gruber, 1993], под которыми понимается множество концептов предметной области и отношений между ними. На основе анализа вышеперечисленных понятий можно сделать вывод, что в обобщенном виде *семантическая модель* – это информационная модель, отражающая понятия предметной области и отношения между ними. В настоящее время семантическое моделирование развивается в рамках одного из трендов направления «Семантические технологии» [Хорошевский, 2012], а именно – «Семантические технологии в приложениях».

В работах коллектива, представляемого авторами<sup>1</sup>, к семантическим моделям относятся онтологические, когнитивные [Массель А., 2010] и событийные модели [Аршинский, 2010]. Под *когнитивным моделированием* понимается построение когнитивных моделей, или, иначе, когнитивных карт (ориентированных графов), в которых вершины соответствуют факторам (концептам), а дуги – связям между факторами (положительным или отрицательным), в зависимости от характера причинно-следственного отношения [Трахтенгерц, 1998]. Математическим аппаратом для построения когнитивных моделей является теория графов. В данном контексте когнитивное моделирование используется для ситуационного анализа [Макагонова и др., 2008] проблемы ЭБ и моделирования угроз ЭБ [Массель А., 2010], под которыми понимаются неблагоприятные для энергетики события, сгруппированные в семь видов угроз: техногенные, экономические, природные, социально-политические, внешнеэкономические и внешнеполитические, а также вызванные несовершенством управления (управленческо-правовые). В когнитивных картах, моделирующих угрозы ЭБ, отображаются основные факторы, влияющие на развитие ТЭК страны, выявляются факторы – угрозы и факторы – мероприятия по их предотвращению, а также причинно-следственные связи между этими факторами. Весовые коэффициенты связей назначаются экспертами, по умолчанию весовые коэффициенты составляют +1 и –1.

<sup>1</sup> Лаборатория информационных технологий в энергетике ИСЭМ СО РАН, возглавляемая Л.В. Массель

Под *событийным моделированием* понимается построение поведенческих моделей, причем в качестве объектов моделирования могут рассматриваться как люди, так и технические объекты [Столяров, 2004]. Сущность событийного метода моделирования заключается в отслеживании на модели последовательности событий в том же порядке, в каком они происходили бы в реальной системе. Задаваемые моделью последовательности реализаций событий – цепочки событий – описывают сценарии реакции системы на возникновение инициирующего события, стоящего в начале цепочки.

В качестве инструмента событийного моделирования используется аппарат Joiner-сетей – одной из разновидностей алгебраических сетей, предложенной в [Столяров, 2004]. Joiner-сети можно рассматривать как расширение сетей Петри, ориентированное на построение поведенческих моделей. В основе теории JN лежит описание логики взаимодействия асинхронных процессов в виде набора пусковых и флаговых функций, состоящих из булевых функций. Особенностью JN является то, что они предусматривают как графическое представление, так и описание в виде логических формул, обработку которых можно автоматизировать. Опыт применения Joiner-сетей для моделирования чрезвычайных ситуаций в энергетике рассмотрен, в частности, в [Аршинский, 2010], [Массель Л. и др., 2010].

## 2. ИНТЕГРАЦИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Под семантической технологией в данном контексте понимается совокупность методов и инструментальных средств для выполнения действий, связанных с представлением знаний и управлением ими. Для представления знаний используются онтологические, когнитивные и событийные модели, а также фреймовые модели представления знаний.

Для поддержки двухуровневой технологии исследований, в рамках которой интегрируется математическое и семантическое моделирование, разработана многокомпонентная интеллектуальная ИТ-среда.

Интеллектуальная ИТ-среда определяется как  $V_{IT} = \{O, E, M_C, M_S\} \cup T_V$ , где  $\{O\}$  – множество онтологий,  $\{E\}$  – множество описаний прецедентов чрезвычайных ситуаций,  $\{M_C\}$  – множество когнитивных моделей,  $\{M_S\}$  – множество событийных моделей,  $T_V$  – инструментальные средства поддержки ИТ-среды, включающие описание знаний, представленных в виде онтологий, описаний прецедентов ЧС, когнитивных и событийных моделей и средства оперирования ими.

Таким образом, интеллектуальная ИТ-среда включает пространство знаний, интегрирующее: онтологические модели знаний в области исследований ЭБ, базу знаний о прецедентах ЧС в энергетике и базы знаний, содержащие когнитивные модели стратегических угроз ЭБ и событийные модели развития и последствий ЧС в энергетике (рисунок 1), а также инструментальные средства описания знаний и оперирования ими (рисунок 2).

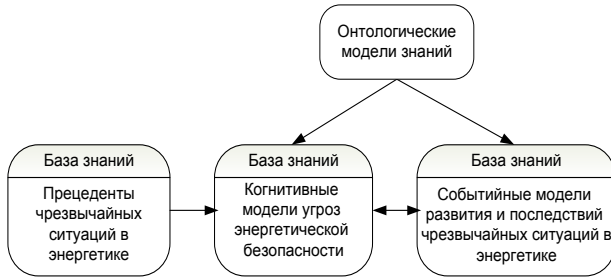


Рисунок 1 - Пространство знаний, поддерживаемое интеллектуальной ИТ-средой

Инструментальные средства включают библиотеки когнитивного и событийного моделирования (CogMap [Массель А., 2010] и EventMap [Аршинский, 2010]), экспертную систему «Emergency» для описания и анализа прецедентов чрезвычайных ситуаций в энергетике [Массель Л. и др., 2010] и многоагентный программный комплекс ИНТЭК-М [Фартышев, 2010]. В последнее время в состав интеллектуальной среды включена библиотека построения байесовских сетей доверия Bayesian Nets для оценки рисков угроз ЭБ [Массель

Л., 2012]. Все перечисленные инструментальные средства можно рассматривать как компоненты интеллектуальной ИТ-среды, интегрируемые с помощью специального Репозитория, разработанного в коллективе, представляемом авторами.

Для интеграции семантических и математических моделей и перехода от качественной оценки к традиционным расчетам используются дедуктивный синтез сценариев вычислительных экспериментов и автоматизированное построение экономико-математических моделей ТЭК [Массель Л., 2011]. Согласно этому подходу, исходные данные для моделирования представляются в виде XML-файлов. Исходные данные включают описания: объекта моделирования в виде XML-прототипа, структуры и форматов файлов математических моделей и средств содержательной интерпретации. Процессы преобразования данных в ходе вычислительного эксперимента представляются в виде декларативных описаний. Под ними понимаются формулы узкого исчисления предикатов, которые строятся по исходным XML-файлам. Обработка декларативных описаний позволяет синтезировать сценарий формирования файлов заданного формата для качественного анализа или численного расчета. Основанные на этом подходе средства дедуктивного синтеза программ обеспечивают связь между инструментами CogMap и EventMap и ПК ИНТЭК-М в рамках интеллектуальной ИТ-среды.

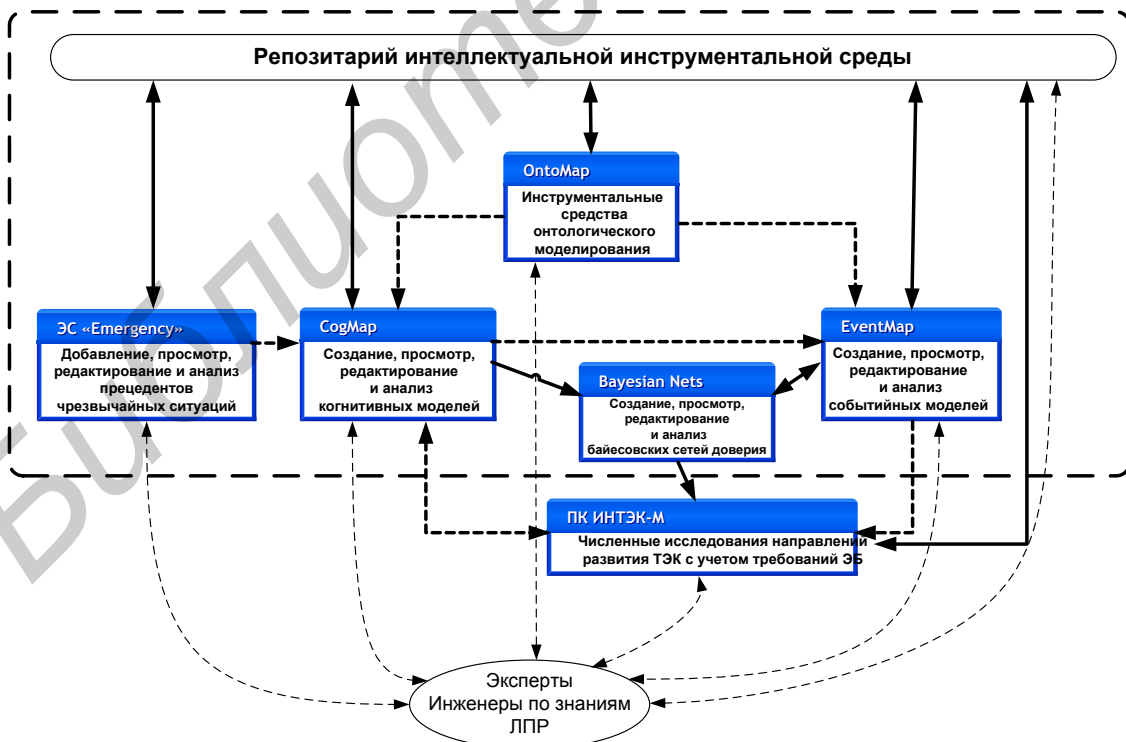


Рисунок 2 - Взаимосвязь инструментальных средств интеллектуальной ИТ-среды

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрено построение семантических технологий на основе интеграции семантического и математического моделирования. Описана двухуровневая технология исследований проблем энергетической безопасности, базирующаяся на использовании семантических технологий, и многокомпонентная интеллектуальная ИТ-среда для их поддержки.

Результаты, представленные в статье, получены при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 11-07-00192, № 12-07-00359, гранта Программы Президиума РАН №229 и гранта на выполнение интеграционного проекта СО РАН и НАН Беларуси №18 (2012-2014).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

[Бушуев и др., 1998] Энергетическая безопасность России / В.В. Бушуев, Н.И. Воропай, А.М. Мастепанов, Ю.К. Шафраник и др. – Новосибирск: Наука, 1998. – 302 с.

[Массель Л., 2010] Массель Л.В. Применение онтологического, когнитивного и событийного моделирования для анализа развития и последствий чрезвычайных ситуаций в энергетике / Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – №2. – 2010. – С. 34-43.

[Массель А., 2010] Массель А.Г. Методологический подход к организации интеллектуальной поддержки исследований проблемы энергетической безопасности / «Информационные технологии». – №9. – 2010. – С. 32-36.

[Цаленко, 1989] Цаленко М.Ш. Моделирование семантики в базах данных. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 288 с.

[Gruber, 1993] Gruber T.R. A Translational Approach to Portable Ontologies // Knowledge Acquisition. – 1993. – V. 5. – No. 2. – P. 199 – 220.

[Хорошевский, 2012] Хорошевский В.Ф. Семантические технологии: ожидания и тренды/ Труды II Международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем». – Беларусь, Минск: БГУИР, 2012. – С. 143-158.

[Трахтенгерц, 1998] Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 376 с.

[Столяров, 2004] Столяров Л.Н., Новик К.В. Реализация параллельных процессов с помощью сетей Joiner-net // Информационные и математические технологии / Труды Байкальской Всероссийской конференции. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2004. – С. 11-14.

[Макагонова и др., 2008] Макагонова Н.Н., Массель Л.В., Бахвалов С.В. Применение когнитивного моделирования для ситуационного анализа проблемы энергетической безопасности // Вычислительные технологии, т. 13, ч. II, 2008. – С. 341-347.

[Массель А., 2010] Массель А.Г. Когнитивное моделирование угроз энергетической безопасности / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), отдельный выпуск №17. – М.: Изд-во «Горная книга», 2010. – С. 194 – 199.

[Аршинский, 2010] Аршинский В.Л. Событийное моделирование чрезвычайных ситуаций в энергетике / Труды Международной конференции «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе». Приложение к журналу «Открытое образование». – Украина, Гурзуф, 2010. – С. 299-301.

[Массель Л. и др., 2010] Массель Л.В., Аршинский В.Л., Массель А.Г. Интеллектуальные информационные технологии поддержки принятия решений в исследованиях и обеспечении энергетической безопасности/ Труды Международной конференции «Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта», т. 1. – Украина, Евпатория: ХНТУ, 2010. – С. 192-196.

[Фартышев, 2010] Фартышев Д.А. Разработка многоагентного ПК ИНТЭК-М для исследований проблемы

энергетической безопасности / Программные продукты и системы. – № 3. – 2010. – С. 126-129.

[Массель Л., 2012] Массель Л.В., Пяткова Е.В. Применение байесовских сетей доверия для интеллектуальной поддержки исследований проблем энергетической безопасности. – Вестник ИргТУ. – №2. – 2012. – С. 8-13

[Массель Л., 2011] Массель Л.В., Курганская О.В. Автоматизация вычислительного эксперимента на основе логических моделей – Вестник Иркутского государственного технического университета, №2 (49). – Иркутск: Издательство Иркутского государственного университета, 2011. – с. 8-14.

## SEMANTIC TECHNOLOGIES BASED ON THE INTEGRATION OF THE ONTOLOGY, COGNITIVE AND EVENT MODELING

Massel L.V., Massel A.G.

\* *Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*  
*Irkutsk, Russia*

massel@isem.sei.irk.ru

amassel@gmail.com

The article describes the construction of semantic technologies based on the integration of the ontological, cognitive and event modeling. The authors suggest sharing of semantic and mathematical modeling in the research of energy security problems. The Intelligent IT-environment is developed to support the description of knowledge space and knowledge management and to integrate tools for the ontological, cognitive and event modeling.

## INTRODUCTION

The authors justify the need of heterogeneous information technologies integration for solving of applied problems. Specificity of studies problems of energy security is considered and two-level technology of research is proposed. It's proposed to use semantic technologies on the first level for the rapid analysis of the alternatives.

## MAIN PART

The development of the semantic modeling is analyzed and a generalized notion of semantic model is introduced. Author considers these types of semantic modeling as an ontological, cognitive and event modeling. An approach to the integration of semantic and mathematical models is proposed and the intellectual IT-environment for support and integration of semantic and mathematical modeling is described.

## CONCLUSION

The results presented in this paper were obtained with the partial financial support by grants RFBR № 11-07-00192, № 12-07-00359, by grant of RAS Presidium Program № 229 and by grant for the implementation of the integration project of SB RAS and the National Academy of Sciences of Belarus № 18 (2012-2014).