



УДК 004.822:514

ИНТЕГРАЦИЯ СЕМИОТИКИ, КОГНИТИВНОЙ ГРАФИКИ И СЕМАНТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕМИОТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Массель Л.В., Массель А.Г.

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

**massel@isem.irk.ru
amassel@gmail.com**

В статье рассматриваются базовые понятия, лежащие в основе предлагаемого авторами семиотического подхода к построению интеллектуальных систем ситуационного управления в критических инфраструктурах. В предыдущих работах авторов рассматривалась современная трактовка ситуационного управления, как отображение идей Д.А. Поспелова и его учеников на современные информационные технологии. В качестве основных методов ситуационного управления авторами предлагаются методы ситуационного анализа и ситуационного моделирования, реализуемые с помощью технологий и инструментальных средств семантического моделирования в энергетике, к которому отнесены онтологическое, когнитивное, событийное и вероятностное (на основе Байесовских сетей доверия) моделирование. Данная статья посвящена дальнейшему развитию предлагаемого подхода, основанного на интеграции понятий семиотики, когнитивной графики и семантического моделирования.

Ключевые слова: семиотика, ситуационное управление, семантическое моделирование, онтологическое, когнитивное, событийное и вероятностное моделирование, когнитивная графика.

Введение

Авторы развивают высказанную ими ранее идею применения концепции ситуационного управления в энергетике и предлагают расширить область ее применения не только в энергетической, но и в других критических инфраструктурах. Предлагается семиотический подход к построению интеллектуальных систем ситуационного управления в критических инфраструктурах, основанный на базовых понятиях семиотики и семиотической модели в трактовке Д.А. Поспелова и Г.С. Осипова.

Рассматривается понятие когнитивной графики, введенное в 90-х гг. прошлого века А.А. Зенкиным и обосновывается, что графический интерфейс семантических моделей, разрабатываемых под руководством и при участии авторов (онтологических, когнитивных, событийных и вероятностных), является одним из видов когнитивной графики. Предложенный подход развивается, в частности, в рамках проекта, поддержанного грантом РФФИ №16-07-00474 «Методология построения интеллектуальных систем семиотического типа для стратегического

ситуационного управления в критических инфраструктурах». Описываются результаты первого этапа реализации предложенного подхода, в частности, онтологический инжиниринг проблемы ситуационного управления.

1. Понятие критических инфраструктур

Исследования критических инфраструктур являются достаточно молодым направлением, но становятся приоритетными во многих странах мира, и в первую очередь в США [Кондратьев, 2012]. Актуальность этих исследований усугубляется угрозами кибернетической безопасности. К критическим инфраструктурам относят энергетику, транспорт, службы по чрезвычайным ситуациям, банковский и финансовый, телекоммуникационный сектора экономики и другие жизненно важные ресурсы. В исследованиях критических инфраструктуру большое внимание уделяется выявлению ключевых объектов (или их совокупности), воздействие на которые может оказать наиболее негативный эффект на отрасль экономики, ключевой ресурс или всю инфраструктуру, а также в оценке последствий подобного воздействия и разработке механизмов

снижения таких рисков. Под энергетической инфраструктурой, которую относят к критически важным инфраструктурам, понимают совокупность энергетических объектов и систем энергетики, включая энергетические транспортные магистрали. В последнее десятилетие за рубежом активно обсуждается и развивается концепция Smart Grid или, в переводе на русский, «интеллектуальных энергетических систем - ИЭС» [Кобец, 2010]. В России также анонсирована необходимость организации работ по развитию «умных энергосистем» и ведутся соответствующие исследования. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (ИСЭМ СО РАН) является одним из лидеров в этой области исследований. Наряду с применением в ИЭС уже ставших традиционными методов искусственного интеллекта (нейронные сети, генетические алгоритмы, нечеткая логика), все большее внимание энергетиков привлекают так называемые «системы с целеполаганием». Это интеллектуальные системы управления, которые имеют несколько целей функционирования (или умеют генерировать эти цели), выбирая самую подходящую цель в зависимости от окружающей среды, умеют прогнозировать поведение окружающей среды и свое собственное состояние. Пока такие системы отсутствуют, как в энергетике, так и в других критических инфраструктурах России. Авторы считают, что для систем с неполной информацией и высокой сложностью объекта управления, какими являются критические инфраструктуры, все более актуальным является применение методов ситуационного управления, основанных на интеллектуальных технологиях [Массель, 2015А], и развитие семиотического подхода к построению интеллектуальных систем в рамках этого направления [Массель, 2015В].

2. Семиотический подход к построению интеллектуальных систем ситуационного управления

Основы семиотического подхода к построению интеллектуальных систем для управления техническими системами в нашей стране также заложены в работах Д.А. Поспелова. Семиотика - это наука, исследующая свойства знаков, знаковых и символьных систем, используемых в процессе коммуникации. В настоящее время в мире она активно развивается. В 2014 г. состоялся 12-й Всемирный конгресс по семиотике (Болгария, София), в котором принимали участие более 600 человек, в том числе, авторы статьи [New Semiotics, 2014]. Рассматривались всевозможные приложения семиотики в самых различных предметных областях. В областях, близких к информатике, это искусственные языки, процессы обработки информации (например, языки программирования, языки для индексирования документов, записи научно-технических фактов и знаний), алгоритмы, обеспечивающие обработку текстов на

естественном языке (машинный перевод, автоматическое индексирование и реферирование, перевод с естественного языка на формальный язык), составления картографических изображений, специальных схем и планов др. Ведущими учеными-семиотиками (А. Соломоник, (Израиль), А. Володченко (Германия), К. Банков (Болгария) и др.) отмечалось недостаточное распространение семиотики в технических областях, а точнее, практическое отсутствие таких работ.

Д.А. Поспеловым было введено определение семиотической модели [Поспелов, 1986], которое потом было детализировано Г.С. Осиповым [Осипов, 2002]. Согласно последнему, семиотическую модель можно определить как восьмерку:

$$W = \langle T, R, A, P, \tau, \rho, \alpha, \pi \rangle,$$

где T - множество основных символов;
 R - множество синтаксических правил;
 A - множество знаний о предметной области;
 P - множество правил вывода решений (прагматических правил);
 τ - правила изменения множества T ;
 ρ - правила изменения множества R ;
 α - правила изменения множества A ;
 π - правила изменения множества P .

Иначе говоря, в отличие от формальных моделей, в которых элементы, образующие множество T , обладают жестким синтаксисом, жесткой семантикой и жесткой прагматикой, в семиотической модели все эти свойства элементов множества T становятся доступными для изменения; именно такой особенностью обладают знаки - элементы знаковых, или семиотических систем, изучаемых в семиотике. Такие системы тесно связаны со всей человеческой деятельностью, именно изменчивость и условность знаков делают эту деятельность эффективной.

Следует отметить, что семиотический подход в нашей стране развивается, в частности, в работах Осипова Г.С. [Осипов, 2002], Вагина В.Н., Еремеева А.П. (интеллектуальные системы реального времени семиотического типа) [Вагин, 2001], [Еремеев, 2014], Кулинича А.А. (семиотическая модель когнитивного опыта) [Кулинич, 2014] и др.

Перечисленные работы носят преимущественно теоретический характер. Сведений о развитии этого подхода в области энергетики и применительно к системам ситуационного управления авторам найти не удалось.

3. Когнитивная графика и визуальная аналитика

Термин «когнитивная графика» был введен в российской науке А.А. Зенкиным в 90-х гг. прошлого столетия и первоначально связывался с новыми возможностями визуализации результатов научных исследований, обусловленными

появлением новых графических средств персональных компьютеров [Зенкин, 1991]. Впоследствии было осознано, что графические образы могут активизировать ассоциативную логику подсознательных процессов мышления человеческого мозга, что позволяет с помощью когнитивной графики быстро находить оригинальные и зачастую неожиданные решения. По сути дела, семантические модели обладают свойствами когнитивной графики и особенно полезны для специалистов с преобладающим образным мышлением. Следует отметить, что семантические модели позволяют выполнить качественный анализ решаемой задачи. Для количественного обоснования предлагаемых решений необходимо привлекать результаты математического моделирования, которые, кроме того, представляются более убедительными для специалистов с преобладающим логическим мышлением. Тем не менее, для иллюстрации математических решений также может использоваться когнитивная графика, что и было успешно продемонстрировано А.А. Зенкиным в его работах.

Появление термина «визуальная аналитика» (Visual Analytics) датируют 2004 г., связывая его с книгой Д. Томаса «Освещая путь, программа исследований и разработок по Visual Analytics», выпущенной как программный документ Тихоокеанской северо-западной национальной лаборатории, входящей в число шестнадцати лабораторий Министерства энергетики США. В этой книге визуальная аналитика определяется как умение мыслить аналитически, поддержанное графическим интерфейсом. Visual Analysis имеет как минимум две трактовки. Согласно первой так называют широкую круг междисциплинарных исследований, так или иначе связанных с применением интерактивных визуальных средств для анализа данных. Второе значение распространяется на собственно аналитический компонент Visual Analytics, состоящий из автоматической и интерактивной частей. Связь визуальной аналитики с другими областями применения информационных технологий (ИТ) рассматривается в [Черняк, 2013], где показано, что визуальная аналитика лежит на пересечении двух областей: автоматического анализа и визуализации данных.

Таким образом, представление семантических моделей в графическом виде позволяет отнести их к одному из видов когнитивной графики и к одной из областей визуальной аналитики – научной аналитике, которая является неотъемлемой частью интеллектуальных систем ситуационного управления.

4. Семантическое моделирование как современная трактовка семиотического моделирования

Д.А. Поспелов считал близкими понятиями метод ситуационного управления, семиотическое моделирование, семиотическое управление, логико-лингвистические методы управления, поскольку, по его трактовке, они все основаны на введении понятия ситуации, классификации ситуаций и их преобразовании.

Модель пространства знаний для ситуационного управления в энергетике [Массель, 2015D] представлена на рис. 1.

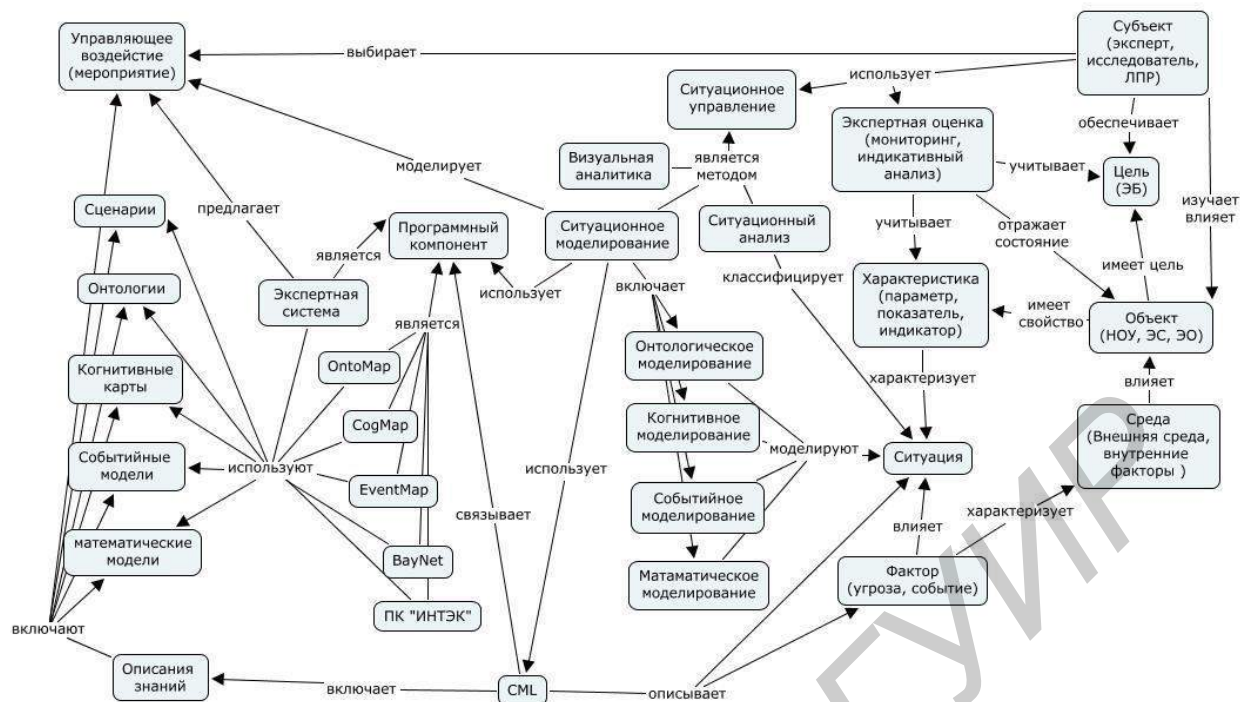
Согласно Поспелову, описание полной ситуации есть набор аксиом. Знания – это не только множество всех текущих ситуаций, но и способы перехода от одного описания объекта к другому, способы изменения компонентов формальной системы, а, следовательно, знания – это то, что воплощается в некоторой семиотической модели.

Учитывая, что наличие факторов неопределенности усложняет адекватную оценку состояния объекта и среды, авторами предложено использовать семантические технологии ситуационного анализа и моделирования, к которым отнесены онтологическое, когнитивное, событийное и вероятностное моделирование [Массель, 2013].

По сути дела, семантическое моделирование предлагается рассматривать как одно из направлений семиотического моделирования, в котором преобладает графическое представление разрабатываемых моделей, с элементами когнитивной графики. Для реализации требований семиотической модели (введения правил изменения базовых множеств) предлагается использовать язык ситуационного управления. Представляют интерес две гипотезы, выдвинутые Поспеловым, которые обосновывают необходимость разработки такого языка [Поспелов, 1986].

Гипотеза 1. Вся информацию об объекте можно выразить средствами обычного естественного языка. Следствием этой гипотезы является тот интерес к естественному языку и его изобразительным средствам, который характерен для метода ситуационного управления. Для ЭВМ возникает проблема сужения текстов на естественном языке, описывающих сам объект управления и опыт по управлению им, до такого уровня, чтобы полученные описания можно было «погрузить» в семиотическую систему.

Гипотеза 2. Всякий текст на естественном языке, относящийся к тому, о чем говорится в гипотезе 1, можно перевести на формальный язык семиотической модели



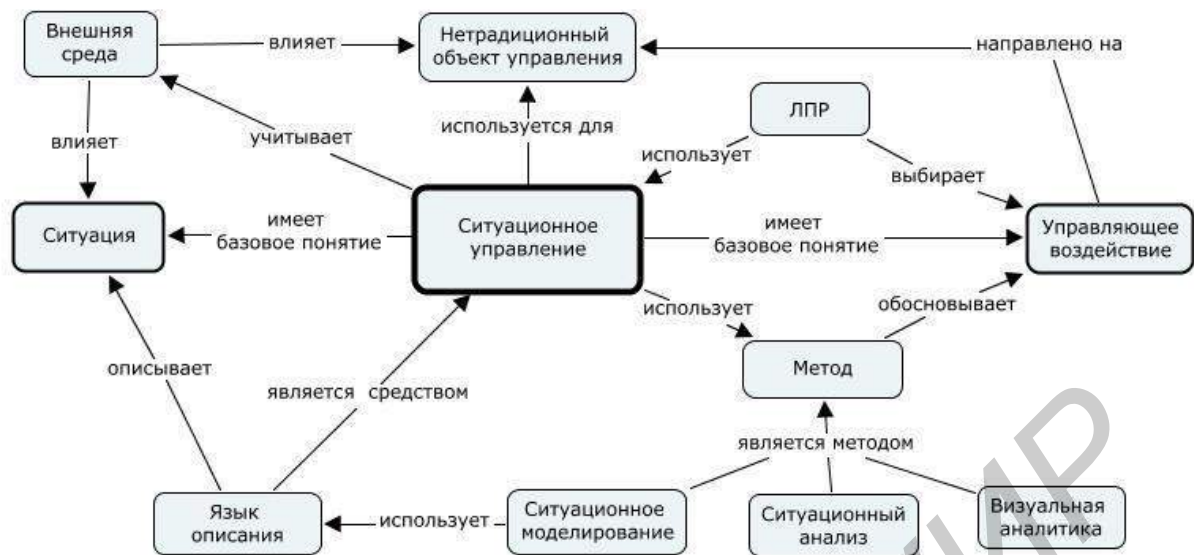


Рисунок 2 -- Метаонтология ситуационного управления

Библиографический список

[Кондратьев, 2012] Кондратьев А. Современные тенденции в исследовании критической инфраструктуры в зарубежных странах http://pentagonus.ru/publ/sovremennye_tendencii_v_issledovanii_kriticheskoj_infrastruktury_v_zarubezhnoj_stranakh_2012/19-1-0-2082 (дата обращения 7.09.2015)

[Кобец, 2010] Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. – М.: ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.

[Массель, 2015А] Массель Л.В., Массель А.Г. Методы и средства ситуационного управления в энергетике на основе семантического моделирования // Труды V Международной конференции OSTIS, Беларусь, Минск: БГУИР. - 2015.- С.199-204.

[Массель, 2015В] Массель Л.В., Массель А.Г. Семантический подход к созданию интеллектуальных систем ситуационного управления в энергетике. Труды XLIII Международной конференции «Информационные технологии в науке, образовании и управлении», под ред. проф. Е.Л. Глоризова.- Москва, 2015. - С. 182-193.

[New Semiotics, 2014] New Semiotics: Between Tradition and Innovation / Abstracts.- Bulgaria, Sofia: New Bulgarian University. Southeast European Center For Semiotic Studies, 2014.- 218 p.

[Поспелов, 1986] Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 284 с.

[Осипов, 2002] Осипов Г.С. От ситуационного управления к прикладной семиотике / Новости искусственного интеллекта.- 2002.-№6(54).- С. 2-12.

[Вагин, 2001] Вагин В.Н., Еремеев А.П. Некоторые базовые принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2001. – №6. – С. 114-123

[Еремеев, 2014] Еремеев А.П. Применение обучения с подкреплением в интеллектуальных системах реального времени / Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'14». – М.: Физматлит, 2014. – Т. 1. – С. 263-271.

[Кулинич, 2014] Кулинич А.А. Семантическая когнитивная архитектура СПИР / Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'14». – М.: Физматлит, 2014. – Т.2. – С. 146-153.

[Зенкин, 1991] Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика.- М.: Наука, 1991.- 192 с.

[Черняк, 2013] Черняк Л. Визуальная аналитика и обратная связь. «Открытые системы», №6, 2013. URL: <http://www.osp.ru/os/archive/> (Дата обращения 02.12.2014)

[Массель, 2013] Массель Л.В., Массель А.Г. Семантические технологии на основе интеграции онтологического,

когнитивного и событийного моделирования / Материалы III международной научно-технической конференции OSTIS-2013. – Беларусь, Минск: БГУИР, 2013. – С. 247-250.

[Массель, 2015С] Массель Л.В., Массель А.Г. Язык описания и управления знаниями в интеллектуальной системе семиотического типа / Информационные и математические технологии в науке и управлении // Труды XX Байкальской Всероссийской конференции. Т. 3. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015. – с. 112 - 124.

[Черняховская, 2015] Черняховская Л.Р., Федорова Н.И. Ситуационный подход к управлению взаимодействием сложных процессов на основе онтологического инжиниринга // Труды XX Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Часть III.- Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015.- 261 с.

[Массель, 2015D] Массель Л.В., Массель А.Г., Ворожцова Т.Н., Макагонова Н.Н. Онтологический инжиниринг ситуационного управления в энергетике / Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Знания, онтологии, теории» (ЗОНТ-2015). Т. 2, 2015.- Новосибирск: ИМ СО РАН.- С. 36-43.

[Массель, 2016] Массель А.Г., Массель Л.В. Разработка языка ситуационного управления в интеллектуальной системе семиотического типа на основе онтологического инжиниринга. В наст. сборнике

INTEGRATION OF SEMIOTICS, COGNITIVE GRAPHICS AND SEMANTIC MODELING IN INTELLIGENT SEMIOTIC SYSTEM FOR SITUATIONAL MANAGEMENT

Massel L.V., Massel A.G.

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

massel@isem.irk.ru

amassel@gmail.com

This article discusses the basic concepts underlying the author's proposed semiotic approach to building of intelligent systems for situational management in critical infrastructures. In previous work, the author considers the modern interpretation of situational management, as a reflection of the ideas of D.A.

Pospelov and his colleagues in the modern information technology. The main methods of situational management offered by the authors are methods of situational analysis and situational modeling, implemented with the help of technologies and the tools of semantic modeling in the energy sector, into which the ontological, cognitive, event and probability (based on Bayesian belief networks) simulation. This article focuses on the further development of the proposed approach based on the integration of semiotics, cognitive graphics and semantic modeling.

Keywords: semiotics, contingency management, semantic modeling, ontological, cognitive, event and probabilistic modeling, cognitive graphics.

Introduction

The authors develop their earlier expressed the idea of using the concept of situational management in the energy sector and offer to extend its scope, not only in energy, but also in other critical infrastructure.

It's proposed semiotic approach to building intelligent systems of situational management in critical infrastructures, based on the basic concepts of semiotics and semiotic models in the interpretation by D.A. Pospelov and G.S. Osipov.

The concept of cognitive graphics, introduced in the 90s of last century by A.A. Zenkin and it's proved that GUI semantic models developed under the guidance and with the participation of authors (ontological, cognitive, event and probability), is a type of cognitive graphics. The results of the first phase of the proposed approach are described, in particular, the problem of ontological engineering of situational management.

Main Part

The article deals with the concept of critical infrastructures. Researches of these infrastructures become a priority in many countries, and especially in the United States. The relevance of these studies is compounded by threats of cybersecurity. Critical infrastructures include energy, transport, emergency services, banking and finance, telecommunications sector and other vital resources.

The authors consider the concept of semiotics and semiotic approach to building of intelligent systems for situational management in critical infrastructures. The approach is based on the definition of the semiotic model introduced by DA Pospelov. It differs from the classical formal model that in addition to the base set (T, R, A, P) is proposed to introduce rules to change the elements of each set. The basic sets are determined as the alphabet (T), syntax (R), semantics (A) and pragmatics (P) of models.

The concepts of visual analytics and cognitive graphics are considered. It is alleged that the representation of semantic models in graphical form allows you to assign them to one of the kinds of cognitive graphics and one of the areas of visual

analytics - Research Analytics, which is an impotent part of intelligent systems for situational management.

The semantic modeling is proposed as one of the areas of semiotic modeling, where a graphic representation of the developed models is dominated.

To implement the requirements of the semiotic model (introduction of changes in the rules of basic sets) we propose to use the language of situational management. The authors have developed the concept of this language oriented on the management in extreme situations in the energy sector (CML - Contingency Management Language). In the CML development authors relied on a system of ontologies, built on the basis of ontological engineering for the problems of contingency management in the energy sector. The examples of ontologies are given in the article.

Conclusion

The article describes the approach to building of intelligent systems for situational management in critical infrastructures. The approach is based on a generalization of methods developed by the authors for the construction of such systems for situational management in the energy sector. It's proposed to use the integration of semiotics, cognitive graphics and semantic modeling as the basis of this approach. The article discusses these concepts. The semiotic model is given and it's shown the necessity to develop the language of situational management required to implement such a model. The development of language is offered to perform on the basis of ontological engineering of situational management problems, the results of which are summarized in the article.

The results presented in this article were obtained with the partial financial support of the Grant Program of the Presidium of RAS №229 and grants RFFI №15-07-01284, №15-07-04074 Bel_mol_a, № 16-07-00474, № 16-07-00569.