



УДК 004.822:514

РАЗРАБОТКА ЯЗЫКА СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ СЕМИОТИЧЕСКОГО ТИПА НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ИНЖИНИРИНГА

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 разработки языка описания знаниями и управления знаниями в интеллектуальной системе семиотического типа для ситуационного управления в условиях экстремальных ситуаций в энергетике. Определение системы семиотического типа вводится на основе трактовки Д.А. Поспелова. В качестве инструмента реализации правил изменения базовых множеств семиотической модели предлагается язык ситуационного управления. Приводится общее описание языка, разрабатываемого на основе онтологического инжиниринга, и составляющих его компонентов: для описания и манипулирования знаниями. **Ключевые слова:** семантическое моделирование, язык ситуационного управления, интеллектуальная система, семиотическая модель, онтологический инжиниринг

Введение

Авторами выполнено отображение идей Поспелова на современные информационные технологии, в частности, семантическое моделирование. Последнее рассматривается как одно из направлений семиотического моделирования, в котором преобладает графическое представление разрабатываемых моделей. Предложена архитектура Ситуационного полигона, который рассматривается как прототип интеллектуальной системы семиотического типа для ситуационного управления. Помимо инструментальных средств семантического моделирования, в него включена экспертная система *Advice*, обеспечивающая сопоставление ситуаций, требующих вмешательства, и соответствующих управляющих воздействий. Разработка языка СМЛ выполнена на основе онтологического инжиниринга проблемы ситуационного управления. Приводится метаонтология СМЛ и дается краткое описание языка СМЛ, который обеспечивает функции как создания и пополнения баз знаний, так и интеграции всех компонентов Ситуационного полигона.

1. Интеллектуальные системы семиотического типа.

Определение таких систем было дано Д.А. Поспеловым и рассматривалось впоследствии Г.С. Осиповым в [Осипов, 2002]. Описание семиотической модели приведено в статье авторов [Массель, 2015А], основные положения подхода, предлагаемого авторами, изложены в [Массель, 2015В] и в настоящем сборнике [Массель, 2016].

Д.А. Поспеловым была предложена общая схема ситуационного управления на основе семиотического подхода [Поспелов, 1986]. Основными блоками схемы являются: *Анализатор* - оценивает сообщения и определяет необходимость вмешательства системы управления в процесс, протекающий в объекте управления; *Классификатор* - используя хранящуюся в нём информацию, относит текущую ситуацию к одному или нескольким классам, которым соответствуют одношаговые решения; *Коррелятор* - определяет то логико-трансформационное правило (ЛТП), которое должно быть использовано. В случае наличия нескольких подходящих ЛТП Коррелятор прибегает к помощи *Экстраполятора*, который выбирает лучшее ЛТП из выбранных Коррелятором на основе прогноза возможного развития ситуаций. Если решение не может быть принято, то срабатывает *Блок случайного выбора* и выбирается одно из

воздействий, оказывающих не слишком большое влияние на объект, или система отказывается от какого-либо воздействия. К сожалению, в то время общая схема ситуационного управления так и не была полностью реализована.

Авторами выполнено отображение этой схемы на современные информационные технологии, а именно, блокам общей схемы ситуационного управления сопоставлены разработанные в авторском коллективе средства семантического моделирования и разрабатываемая экспертная система Advise [Массель, 2015А]. Предлагается для выполнения функций Классификатора в системе семиотического типа использовать авторские библиотеки онтологического и когнитивного моделирования OntoMap и CogMap. Функции Экстраполятора могут выполнять инструментальные средства событийного и вероятностного моделирования: авторские библиотеки EventMap и BayNet [Массель, 2012]. Для анализа ситуаций и выбора мероприятий, соответствующих конкретным ситуациям, разрабатывается экспертная система Advise. Для хранения баз знаний и семантических моделей предполагается использовать Репозиторий, первоначально разработанный в рамках ИТ-инфраструктуры исследований в энергетике и используемый в интеллектуальной ИТ-среде [Массель А., 2010], [Копайгородский, 2011].

Результаты, полученные авторами, применяются в области, связанной с энергетической безопасностью (ЭБ), поэтому ситуационное управление в данном контексте рассматривается как управление в условиях экстремальных ситуаций в энергетике (Contingency Management) [Массель, 2014]. Под экстремальными ситуациями (ЭКС) понимаются как критические, так и чрезвычайные ситуации, в соответствии со шкалой «норма – предкризис – кризис». Авторы уделяют большее внимание именно критическим ситуациям.

2. Ситуационный полигон как прототип интеллектуальной системы ситуационного управления семиотического типа.

Учитывая наличие факторов неопределенности, при ситуационном управлении зачастую не удается построить и использовать математические модели, поэтому авторы предлагают использовать методы семантического моделирования, к которым они относят онтологическое, когнитивное, событийное и вероятностное моделирование (на основе байесовских сетей доверия - БСД-моделирование) [Массель, 2013]. Семантические модели представляются, как правило, в графическом виде.

Семантическое моделирование рассматривается авторами, как одна из разновидностей семиотического моделирования, в которой преобладает графическое представление моделей. В качестве инструмента для реализации правил

изменения базовых компонентов формальной модели (что и превращает ее в семиотическую) предлагается язык ситуационного управления.

В лаборатории Информационных технологий в энергетике ИСЭМ СО РАН под руководством и при участии авторов была разработана интеллектуальная ИТ-среда, интегрирующая инструментальные средства семантического моделирования для поддержки онтологического (OntoMap), когнитивного (CogMap), событийного (EventMap) и вероятностного (BayNet) моделирования и геокомпонент для 3D-геовизуализации результатов моделирования [Массель А., 2010]. ИТ-среда рассматривается как основа для построения Ситуационного полигона – прототипа интеллектуальной системы ситуационного управления семиотического типа [Массель А., 2015].

Далее рассмотрим вопросы разработки языка описания и управления знаниями для целей ситуационного управления [Массель, 2015С].

3. Общее описание языка ситуационного управления CML.

Предлагается использовать язык ситуационного управления (Contingency Management Language – CML) для нескольких целей, как:

- 1) язык описания знаний и манипулирования знаниями;
- 2) инструмент классификации ситуаций («норма», критические ситуации, чрезвычайные ситуации);
- 3) средство инициации ЭС для установления соответствия между ситуациями и управляющими воздействиями;
- 4) средство вызова соответствующих инструментальных средств семантического моделирования и модулей отображения (для перехода от одного типа моделей к другому);
- 5) средства обращения к геокомпоненту для 3D-геовизуализации результатов моделирования.

Иными словами, CML рассматривается как надстройка над существующей версией Ситуационного полигона [Массель А., 2014] и выполняет функции как создания и пополнения баз знаний, так и функции интеграции всех компонентов Ситуационного полигона (рис. 1), что, по сути дела, и превращает его в *интеллектуальную систему управления семиотического типа*, поскольку именно с помощью CML можно описывать правила изменения компонентов классической формальной модели (T, R, A, P): множества основных символов T; множества синтаксических правил R; множества знаний о предметной области A; множества правил вывода решений (прагматических правил) P.

Ниже приводится *общее описание языка CML*, это не строгое описание, а скорее изложение идеи (с использованием элементов нотации Бэкуса-

Наура), которое предлагается для обсуждения, дополнения и развития.

CML включает словари, описания знаний и операторы манипулирования знаниями.



Рисунок 1 -- Архитектура Ситуационного полигона

Словари включают: словарь имен (понятий), словарь отношений, словарь действий, причем в первом выделяются подразделы, в которых хранятся основные понятия (концепты) предметной области, имена объектов и/или наименования программных компонентов, вызываемых с помощью CML. Словарь имен и понятий будет проблемно-ориентированным, т.е. ориентированным на конкретную предметную область. Подробно он здесь не рассматривается.

Можно привести пример из области энергетической безопасности. В общем виде можно определить понятие ситуации S как:

$$\langle S \rangle := \langle C \rangle | \langle E \rangle | \langle P \rangle | \langle G \rangle | \langle U \rangle, \quad (1)$$

где C – исходные ситуации, E – сценарии ЭКС, P – переходные ситуации, U – превентивные, оперативные или ликвидационные мероприятия (управляющие воздействия), G – целевые ситуации.

В [Массель, 2016] приведено краткое описание выполненного онтологического инжиниринга (подробное описание изложено в [Массель, 2015D]), в результате которого построена система онтологий проблемы ситуационного управления, в том числе, онтологии CML. На рис. 2 приведена одна из них – метаонтология CML.

4. Компонент описания знаний.

Для описания знаний используется простая ядерная конструкция (XYZ), предложенная в [Поспелов, 1986], где X, Z – понятия или имена, Y – отношение или действие. Авторы считают, что разработка универсального языка ситуационного управления навряд ли возможна и целесообразна. Скорее всего, универсальным может быть компонент манипулирования знаниями. В компоненте описания знаний, вероятно, будут выделены базовое ядро и проблемно-ориентированные составляющие.

Предлагаются следующие основные типы отношений (показаны на примерах из области энергетической безопасности).

1. Отношения именования:

- < объект > <имеет> <имя>
- < объект > := <физический объект> | <программный компонент> | <информационный объект>

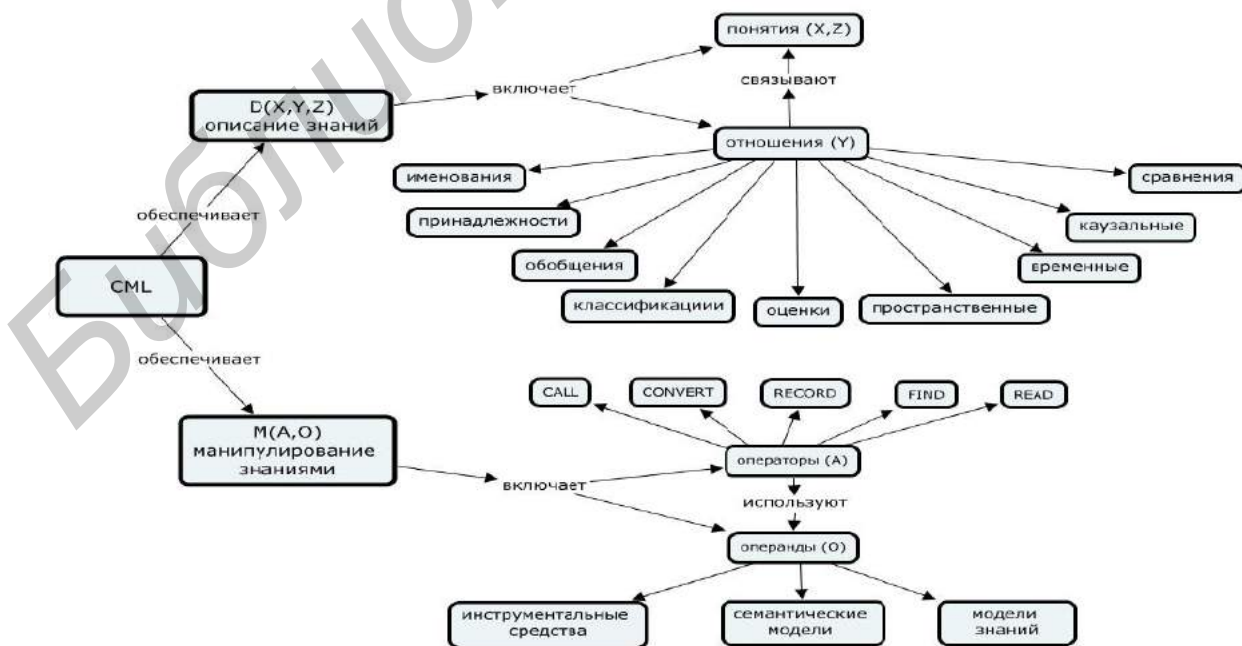


Рисунок 2 -- Метаонтология языка ситуационного управления CML

2. Отношения принадлежности:

<ситуация | объект > <относится | принадлежит>
<энергетическая система | ТЭК >
<энергетическая система> := <ЭЭС | ГСС | НСС | ТСС | ЯЭС >

3. Отношения обобщения:

Для <имя> : <объект> → <энергетическая система>
→ <ТЭК>

<объект> <является частью | входит>
<энергетическая система>
<энергетическая система> <является частью>
<ТЭК>

Для <место> :

< пункт > → <район> → <край | область > →
<страна>

<пункт> < входит | является частью> <район>
<входит > <край | область > < входит > <регион>
<входит > <страна>

4. Отношения классификации

<ситуация > <имеет тип> < исходная | переходная >
| <целевая>

<угроза ЭБ> <имеет тип> <техногенная | природная
| социально- политическая | управленческо-правовая
| внешнеэкономическая | внешнеполитическая>
< управляющее воздействие | мероприятие > <имеет
тип> <превентивное | оперативное |
ликвидационное >

5. Отношения оценки

<управляющее воздействие | мероприятие> <имеет
оценку> <R ^ C ^ T >

где R – требуемые ресурсы, C – цена мероприятия,
T – сроки реализации мероприятия (воздействия)

6. Пространственные отношения:

<ситуация > <происходит> <место>

7. Временные отношения:

<ситуация > <происходит> <время>

8. Каузальные (причинно-следственные) отношения

<ситуация S_i > <вызывает | является причиной > <
ситуация S_j >

9. Отношения сравнения

В этих отношениях используются индикаторы энергетической безопасности из множества $\{A\}$, которые принимают значения (a_1, a_2, \dots, a_n) . Если индикатор находится в диапазоне (a_i, a_j) – состояние «норма», в диапазоне (a_k, a_l) – предкризисное состояние (критическая ситуация), в диапазоне (a_m, a_n) – состояние кризисное (чрезвычайная ситуация).

Далее выполняется отношение сравнения $(a_i$ - текущее состояние индикатора ЭБ).

Если $a_i \leq a_l \leq a_j$,
то <ситуация> <является> <нормальная>

Если $a_k \leq a_l \leq a_l$,
то <ситуация> <является> <критическая>

Если $a_m \leq a_l \leq a_n$,
то <ситуация> <является> <чрезвычайная>

Заметим, что множество отношений может расширяться, дополняться и модифицироваться. В частности, отношение сравнения может быть более

сложным, если потребуется оценивать состояние не по одному индикатору ЭБ, а по их совокупности (что более соответствует реальности). Учитывая, что в настоящее время выделены 14 групп индикаторов ЭБ, каждая из которых включает от одного до 8 индикаторов, вычисляемых по специальным формулам [Сендеров, 2013], реализация отношения сравнения в интеллектуальной системе может стать отдельной, достаточно сложной задачей.

При реализации базы знаний для представления знаний используются продукционные и фреймвые модели знаний. Для хранения баз знаний используется Репозиторий Ситуационного полигона.

5. Компонент манипулирования знаниями.

При описании операторов манипулирования знаниями будем опираться на понятия авторской фрактальной стратифицированной модели [Массель, 2015А] и архитектуру Ситуационного полигона. Для краткости будем называть эти операторы *манипулирования знаниями операторами действия*. Под действием будем понимать операцию, под операндом – аргумент операции. Тогда

<оператор действия> := <действие > (<операнд>)

<действие>:= <вызвать (инициировать) | отобразить (конвертировать) | сохранить (записать, запомнить) | найти | извлечь (прочитать) >

Для уменьшения многозначности используем английский аналог:

<action> := <CALL | CONVERT | RECORD | FIND | READ >

По сути дела, операторы описывают три типа действий:

1. Отображения слоев ФС-модели $F_i^j : S_i \rightarrow S_j$ (отображение объектов i-го слоя в объекты j-го слоя ФС-модели), им соответствует оператор <CONVERT>. Например, отображение онтологической модели (из слоя онтологических моделей) в когнитивную (из слоя когнитивных моделей); когнитивной, в свою очередь, в событийную или вероятностную (из соответствующих слоев); отображение любой модели в Геокомпонент; в этом случае для отображения:

<M_i><CONVERT><M_j>

<операнд>:= <M_O> | <M_C> | <M_E> | <M_B> | <M_G>, где M_O, M_C, M_E, M_B – соответственно онтологическая, когнитивная, событийная или вероятностная (байесовская) модели, M_G – 3D-геовизуализация результатов моделирования с помощью Геокомпонента.

В свою очередь, для отображения

$\langle Ci \rangle \langle \text{CONVERT} \rangle \langle S_j \rangle$, где сценарий ЭкС (C_i) отображается на исходную ситуацию (S_j), операндами будут наименования сценариев ЭкС и исходных ситуаций (могут извлекаться из словаря имен).

2. Вызов соответствующих инструментальных средств моделирования или экспертной системы: оператор $\langle \text{CALL} \rangle$. Для него

$\langle \text{операнд} \rangle := \langle \text{NAME} \rangle$, где в общем случае

$\langle \text{NAME} \rangle := \langle \text{библиотека} \rangle \mid \langle \text{модуль} \rangle \mid \langle \text{компонент} \rangle \mid \langle \text{приложение} \rangle \mid \langle \text{сервис} \rangle \mid \langle \text{агент} \rangle$

Для Ситуационного полигона:

$\langle \text{NAME} \rangle := \langle \text{Advice} \rangle \mid \langle \text{OntoMap} \rangle \mid \langle \text{CogMap} \rangle \mid \langle \text{EventMap} \rangle \mid \langle \text{BayNet} \rangle \mid \langle \text{Geocomponent} \rangle \mid \langle \text{Repository} \rangle$

3. Взаимодействие с Репозитарием, в котором хранятся базы знаний, словари и семантические модели (последние хранятся в формате XML). Для этого вводятся операторы:

$\langle \text{RECORD} \mid \text{FIND} \mid \text{READ} \rangle$.

Для их использования применяется ядерная конструкция (XYZ), где $\langle \text{операнд} \rangle := \langle X \rangle \mid \langle Z \rangle$, Y – оператор (один из трех, приведенных выше).

$\langle X \rangle := \langle M_O \rangle \mid \langle M_C \rangle \mid \langle M_E \rangle \mid \langle M_B \rangle \mid \langle KB_F \rangle$,

где KB_F – фрагмент базы знаний экспертной системы Advice (описание знаний: ситуаций, сценариев ЭкС, управляющих воздействий U_k).

$\langle Z \rangle := \langle M_{XML} \rangle \mid \langle D_P \rangle \mid \langle D_F \rangle$, где M_{XML} – семантическая модель в формате XML, D_P и D_F – описания знаний в нотации экспертной системы, например, правила продукций или фреймы с описаниями ситуаций и/или воздействий.

Заключение

Статья посвящена вопросам разработки языка описания знаниями и управления знаниями СМЛ в интеллектуальной системе семиотического типа на примере ситуационного управления в условиях экстремальных ситуаций в энергетике. Авторы предлагают рассматривать развиваемое ими семантическое моделирование как одно из направлений семиотического моделирования, в котором преобладает графическое представление разрабатываемых моделей. Разработка выполняется на основе онтологического инжиниринга, с использованием авторской фрактальной стратифицированной модели. Предложена архитектура Ситуационного полигона, который рассматривается как прототип интеллектуальной системы семиотического типа для ситуационного управления. Язык ситуационного управления предлагается в качестве инструмента для реализации правил изменения базовых компонентов формальной модели (что и превращает ее в семиотическую). Дается краткое описание основных конструкций предлагаемого языка СМЛ, который выполняет функции как создания и

пополнения баз знаний, так и интеграции всех компонентов Ситуационного полигона.

Результаты, представленные в статье, получены при частичной финансовой поддержке гранта Программы Президиума РАН №229 и грантов РФФИ №15-07-01284, №15-07-04074 Бел_мол_а, №16-07-00474, №16-07-00569.

Библиографический список

- [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.
- [Массель А., 2010] Массель А.Г. Интеллектуальная ИТ-среда для исследований проблемы энергетической безопасности /Труды Международной конференции «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе». Приложение к журналу «Открытое образование». – Украина, Гурзуф, 2010. – С. 306-309.
- [Копайгородский, 2011] Копайгородский А.Н., Массель Л.В. Методы, технологии и реализация хранилища данных и знаний для исследований энергетики / Вестник Южно-Уральского государственного университета, №4 (221), 2011, серия «Математическое моделирование и программирование», вып. 7. – С. 47-55.
- [Массель, 2012] Массель Л.В., Массель А.Г. Интеллектуальные вычисления в исследованиях направлений развития энергетики // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 5. Управление, вычислительная техника и информатика.- С. 135-141.
- [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, 2014] Массель Л.В., Массель А.Г. Ситуационное управление и семантическое моделирование в энергетике / Труды IV Международной конференции OSTIS, Беларусь, Минск, БГУИР. 2014. – С. 111–116.
- [Массель А., 2014] Массель А.Г. Иванов Р.А. Ситуационный полигон как инструмент ситуационного управления в энергетике / Труды IV Международной конференции OSTIS. – Беларусь, Минск: БГУИР. – 2014.– С. 277-280.
- [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. Семиотический 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. Глориозова. - Москва, 2015. - С. 182-193.
- [Массель А., 2015] Массель А.Г., Массель Л.В. Ситуационный полигон как интеллектуальная система семиотического типа. Труды XLIII Международной конференции «Информационные технологии в науке, образовании и управлении», под ред. проф. Е.Л. Глориозова.- Москва, 2015. С. 246-255.
- [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.
- [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. Интеграция семиотики, когнитивной графики и семантического моделирования в интеллектуальных семиотических системах ситуационного управления. В наст. сборнике.

[Сендеров, 2013] Сендеров С.М., Рабчук В.И., Славин Г.Б., Пяткова Н.И., Чельцов М.Б. Методические рекомендации по оценке состояния энергетической безопасности РФ на федеральном уровне. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2013. – 36 с.

THE DEVELOPMENT OF SITUATIONAL MANAGEMENT LANGUAGE IN INTELLECTUAL SYSTEM OF SEMANTIC TYPE BASED ON ONTOLOGICAL ENGINEERING

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

The article discusses the development of language for knowledge description and knowledge management in the intelligent system of semiotic type for contingency management in the energy sector. The definition of the semantic type system is entered on the basis of interpretation by D.A.Pospelov. As a tool for the implementation of the changes rules in the base set of semiotic model it's proposed Contingency Management Language (CML). It's considered a general description of CML, developed on the basis of ontological engineering, and its main parts: the component of knowledge description and component of knowledge manipulation.

Key words: semantic modeling, contingency management language (CML), intelligent system, semiotic model, ontological engineering

Introduction

The authors carried out interpretation of Pospelov ideas in terms of modern information technology, in particular, semantic modeling. The last is considered as one of the areas of semiotic modeling, where a graphic representation of the developed models is dominated. Situation polygon is proposed as the prototype of the intelligent system of semiotic type for contingency management in the energy sector. In addition to semantic modeling tools, an expert system Advice is included, which provides a comparison of situations requiring intervention, and appropriate control actions. The CML development is made on the basis of ontological engineering of contingency management problems. CML metaontology is shown and brief description of the language CML is given.

Main Part

This article discusses the development of intelligent systems semantic type. The general scheme of situational management system on the basis of the semiotic approach is described, which includes blocks Analyzer, Qualifier, Correlator, Extrapolator and Block

of random selection. The author compares the blocks of this to developed copyright collective means of semantic modeling: OntoMap as ontological modeling tool, CogMap - as cognitive modeling tool, EventMap - as event modeling tool and BayNet - as probabilistic modeling tool and developed expert system Advice.

Semantic modeling tools and Geocomponent for 3D-geovisualization of simulation results form the intelligent IT-environment, which became the prototype of the Situation polygon - intelligent system of semiotic type. CML is treated as a superstructure over the existing version of the Situation polygon and performs functions such as creating and updating of knowledge bases, and function integration of all components of the Situation polygon.

A general description of XML is given. The component of knowledge description includes 9 types of relations: naming, accessories, generalization, classification, evaluation, comparison, spatial, temporal and causal (cause and effect). The component of knowledge manipulation includes manipulation operators as CALL, CONVERT, RECORD, FIND, READ (the last three - to work with the repository). At the end CML metaontology is shown.

Conclusion

The article is devoted to the development of language for description and management of knowledge (CML) in the intelligent system of semiotic type an example of contingency management in the energy sector. The authors propose to consider the semantic modeling developed by them as one of the areas of semiotic modeling, where a graphic representation of the developed models is dominated. Development of CML is based on ontological engineering with using authoring stratified fractal model. It's proposed the architecture of the Situation polygon, which is regarded as the prototype of the intelligent system of semiotic type for contingency management in the energy sector. CML is offered as a tool for the realization of the change rules of the basic components of a formal model (this addition turns it into a semiotic model). It's given a brief description of the main structures of the proposed language CML, which performs functions such as creating and updating of knowledge bases so integration of all components of the Situation polygon.

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.