



OSTIS-2015

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.8+620

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКОГО 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 описан предлагаемый авторами подход к ситуационному управлению в энергетике на основе семантического моделирования. Современная трактовка ситуационного управления рассматривается как отображение идей Д.А. Поспелова и его учеников на современные информационные технологии. В качестве основных методов ситуационного управления 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. Для обоснования предлагаемого подхода используется авторская фрактальная стратифицированная модель (ФС-модель), с помощью которой рассмотрены структура и основные составляющие предлагаемого языка ситуационного управления.

Ключевые слова: ситуационное управление, семантическое моделирование, язык ситуационного управления, онтологическое, когнитивное, событийное и вероятностное моделирование.

Введение

Авторы развивают высказанную ими ранее идею применения концепции ситуационного управления для управления в энергетике в условиях экстремальных ситуаций. Предлагается трактовка идей Д.А. Поспелова и его учеников, опирающаяся на достижения современных информационных технологий, в частности, на результаты в области семантического моделирования в энергетике, к которому отнесены онтологическое, когнитивное, событийное и вероятностное (на основе Байесовских сетей доверия) БСД-моделирование. Концепцию ситуационного управления предлагается развивать для управления в энергетике в условиях экстремальных ситуаций, к которым отнесены как чрезвычайные, так и критические ситуации, причем основное внимание предлагается уделять последним, для предотвращения перерастания критических ситуаций в чрезвычайные. Обращается внимание на актуальность моделирования и анализа критических ситуаций, позволяющих сформировать перечень превентивных и оперативных мер, предотвращающих возможную чрезвычайную ситуацию, для чего предлагается интегрировать технологии семантического и математического

моделирования. Для методологического обоснования данного подхода предлагается использовать авторскую фрактальную стратифицированную модель (ФС-модель), которая была предложена ранее для структурирования пространства знаний.

1. Современное состояние и тенденции развития ситуационного управления.

Основоположниками направления «Ситуационное управление» по праву считаются Д.А. Поспелов и его ученики: Железов Ж.И., Клыков Ю.И. и др., результаты исследований которых были обобщены в [Поспелов. 1986]. Существенный вклад в развитие этого направления внес белорусский ученый В.В. Мартынов, предложивший универсальный семантический код (УСК). Спад интереса к ситуационному управлению в России, наступивший в 90-х гг., можно объяснить как изменениями экономико-политических условий в стране и наступившей «зимой искусственного интеллекта», так и трудностями, с которыми столкнулись разработчики, пытаясь построить модели сложных объектов управления с помощью предлагаемых подходов.

Развитие информационных технологий позволяет дать современную трактовку этого

направления, основанную на появлении как более совершенной техники, так и новых методов и подходов, в том числе семантического моделирования. Кроме того, претерпела изменения сама парадигма искусственного интеллекта. Если на ранних этапах его развития предполагалось, что системы ИИ могут заменять, в ряде случаев, естественный интеллект, сейчас получают распространение интеллектуальные вычисления (Intelligent Computing), под которыми понимаются методы и системы искусственного интеллекта, направленные на усиление и поддержку естественного интеллекта (поддержку принятия решений экспертами).

В настоящее время получают распространение более прагматические трактовки ситуационного управления. В словаре терминов МЧС (2010) ситуационное управление определяется как деятельность органов управления, при которой решения и управляющие воздействия субъекта управления основываются на анализе вариантов принятия решения с учетом текущего состояния объекта управления, располагаемых вариантов действий и прогноза последствий принимаемых управленческих воздействий. В ряде случаев ситуационное управление определяют как оперативное управление, осуществляемое в дополнение к стратегическому, перспективному и заключающееся в принятии управленческих решений по мере возникновения проблем в соответствии со складывающейся экономической ситуацией (авторы не разделяют эту точку зрения, о чем будет сказано ниже).

В [Васильев, 2012] используется идея ситуационного управления, суть которой заключается в выборе управленческих решений с учетом сложившейся ситуации из некоторого набора допустимых (типовых, стандартных) управляющих воздействий. Под текущей ситуацией S при этом понимается совокупность текущего состояния объекта (вектор состояния X) и его внешней среды (вектор возмущений F). Тогда $S = \langle X, F \rangle$. Вводится также понятие полной ситуации $S = \langle C, G \rangle$, где C – текущая ситуация, G – цель управления. В свою очередь, цель управления G может быть представлена в виде целевой ситуации G_g , к которой должна быть приведена имеющаяся текущая ситуация. Тогда $S = \langle C, G_g \rangle$. Полагая, что текущая ситуация C принадлежит некоторому классу Q' , а целевая (заданная) ситуация G_g – классу Q'' , ищется такое управление (вектор управляющих воздействий U), которое принадлежит множеству допустимых управлений Ω_u и обеспечивает требуемое преобразование одного класса ситуаций в другой:

$$C \in Q' \xrightarrow{U \in \Omega_u} G_g \in Q''.$$

Таким образом, ситуационное управление выступает как отображение:

$$(Q', Q'') \rightarrow U \in \Omega_u.$$

сопоставляющее паре «текущая ситуация - целевая ситуация» требуемый результат – управление U .

Другими словами, при ситуационном управлении проблема выбора управляющих воздействий сводится к адекватной оценке состояния объекта и среды (что усложняется при наличии факторов неопределенности), отнесению соответствующей текущей ситуации к одному из типовых классов и выбору такого управления (из определенного набора альтернатив), которое приводит к достижению поставленной цели управления (целевой ситуации) [Васильев, 2012]. Исходя из этого, авторы предлагают в качестве основных методов ситуационного управления методы ситуационного анализа и ситуационного моделирования, основанные, в свою очередь, на семантическом моделировании.

2. Ситуационный анализ и семантическое моделирование в энергетике.

Рассмотренный выше подход был интерпретирован авторами в [Массель и др., 2014] на примере исследований проблем энергетической безопасности (ЭБ), или, иначе, оценки состояния ТЭК в условиях возможных сценариев угроз ЭБ с учетом мероприятий, направленных на повышение уровня ЭБ. Авторами предложено использовать в этих исследованиях ситуационный анализ и ситуационное моделирование, как основные методы ситуационного управления. При этом предлагается в первую очередь использовать идеи ситуационного управления для разработки стратегий развития энергетики России с учетом требований энергетической безопасности. Учитывая, что наличие факторов неопределенности усложняет адекватную оценку состояния объекта и среды, предложено использовать семантические технологии ситуационного анализа, к которым отнесены онтологическое, когнитивное, событийное и вероятностное (на основе Байесовских сетей доверия) моделирование. В коллективе, возглавляемом авторами, разработаны средства поддержки этих видов моделирования, интегрированные в рамках интеллектуальной ИТ-среды. Подробнее технологии семантического моделирования и инструментальные средства их поддержки (интеллектуальная ИТ-среда) рассматривались авторами в [Массель, 2010], [Массель А., 2010], [Массель и др., 2012], а также на конференциях OSTIS- 2013 [Массель и др., 2013a] и OSTIS -2014 [Массель и др., 2014].

Авторы предлагают также использовать концепцию ситуационного управления в энергетике для управления в условиях экстремальных ситуаций (ЭкС). Под экстремальными ситуациями в энергетике понимаются как чрезвычайные, так и критические ситуации, определение которых

базируется на оценке состояний систем или объектов по шкале: «норма», «предкризис» - критическая ситуация, «кризис» - чрезвычайная ситуация. Исходя из этого, под *критическими ситуациями* понимаются ситуации, когда возникают угрозы бесперебойному функционированию технических объектов и объектов обеспечения жизнедеятельности и /или угрозы жизни или здоровью, как отдельных людей, так и социальных (профессиональных) групп [Массель и др., 2013b].

Эти угрозы могут быть устранены принятием соответствующих превентивных и оперативных мер, которые не позволят критической ситуации перерасти в чрезвычайную. В приведенной выше трактовке ситуационного управления эти мероприятия соответствуют управляющим воздействиям, обеспечивающим переход из текущей (критической) ситуации в целевую (безопасную). В настоящее время внимание уделяется преимущественно поддержке принятия решений и управлению в чрезвычайных ситуациях, когда требуется реализация оперативных и ликвидационных мероприятий, на это направлена, в том числе, деятельность подразделений МЧС. Авторы обращают внимание на актуальность моделирования и анализа критических ситуаций, позволяющих сформировать перечень превентивных и оперативных мер, предотвращающих возможную чрезвычайную ситуацию, для чего предлагается интегрировать технологии семантического и математического моделирования. Для методологического обоснования данного подхода предлагается использовать авторскую фрактальную стратифицированную модель (ФС-модель), которая была предложена ранее для структурирования пространства знаний.

3. Фрактальный подход к построению инструментальных средств ситуационного управления в энергетике.

ФС-модель была предложена как концептуальная модель структурирования знаний, основанная на представлении разных форм (видов) знаний как объектов расслоенного (стратифицированного) пространства [Массель, 1994]. При построении ФС-модели вводится понятие *информационных миров* - подпространств, объединяющих однотипные информационные объекты, т.е. объекты, определяемые совокупностью свойств, являющихся существенными в этом рассмотрении (координат данного подпространства).

ФС-модель определяется как совокупность непересекающихся слоев (информационных миров), и их отображений в информационном пространстве. Каждому уровню соответствует свой слой (страта) этого пространства, и, следовательно, свой информационный мир; последовательность отображений отражает процесс познания.

Графически ФС-модель удобно изображать в виде совокупности вложенных сферических оболочек. Информационный объект, обозначаемый условно точкой на одной из сфер, в свою очередь, может быть расслоен при необходимости более детального его рассмотрения (в одном случае может быть удобно рассматривать сложный объект как точку, а в другом - перейти к более детальному рассмотрению выбранного объекта при сохранении «точечного» представления других).

Поскольку знания любого исследователя не всеобъемлющи, каждый практически работает со своим «фракталом» знаний - «вырезкой» из информационного пространства, которую можно представить в виде конуса или пирамиды, что соответствует, например, выделению дисциплин при изучении реального мира (рис.1). Тогда наша сфера оказывается состоящей из множества «конусов», что согласуется с «пирамидами знаний» в когнитологии, предложенными Т.А. Гавриловой [Гаврилова и др., 1992]. Математическое описание ФС-модели приведено в [Массель, 1995].

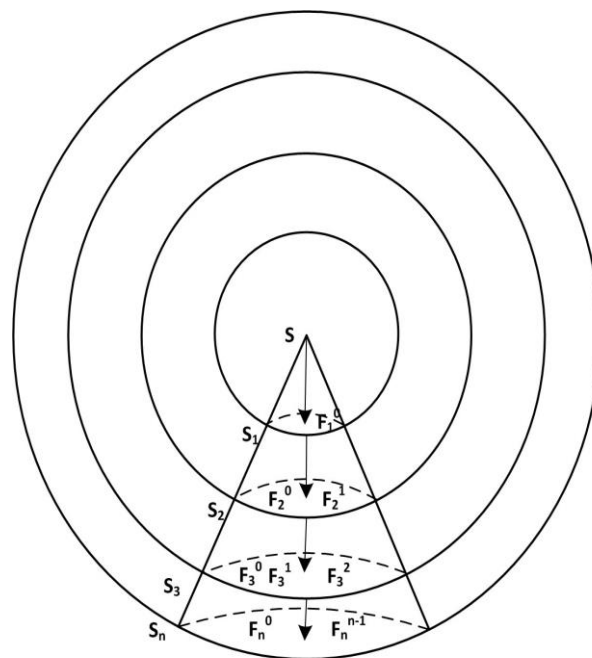


Рисунок 1 – Фрактальная стратифицированная модель.
 S_i - слои (страты) ФС-модели,
 F_j^i - отображения из i -го слоя в j -ый.

Проиллюстрируем этот подход на примере энергетики. Упомянутые выше исследования имеют многовариантный характер (рис. 2).

На основе базового варианта могут быть сгенерированы множество вариантов как по территориальному и/или временному признаку (периоды прогнозирования), так и в зависимости от преобладающего вида топлива в перспективе. В свою очередь, на каждый из вариантов могут быть наложены сценарии критических и/или чрезвычайных ситуаций S_i и перечень мероприятий (управляющих воздействий) M_j , предотвращающих ЭКС или ликвидирующих ее последствия.

ФС-модель может быть использована двояко. В первом случае с ее помощью можно построить «дерево вариантов», т.е. использовать ее для планирования вычислительного эксперимента. Традиционно для выполнения этих исследований используются математические модели большой размерности и решается задача линейного программирования. Принятый в последнее время комбинаторный подход позволял рассчитывать до пяти миллионов вариантов, которые затем анализировались экспертами. Авторами была предложена двухуровневая технология исследований, поддерживаемая интеллектуальной ИТ-средой, которая предусматривает на первом, верхнем уровне, проведение качественного «экспресс-анализа» с помощью семантического моделирования, а отобранные несколько вариантов рассчитываются на втором уровне с помощью традиционных программных комплексов (например, с помощью многоагентного программного комплекса ИНТЭК-М, разработанном в коллективе, возглавляемом авторами).

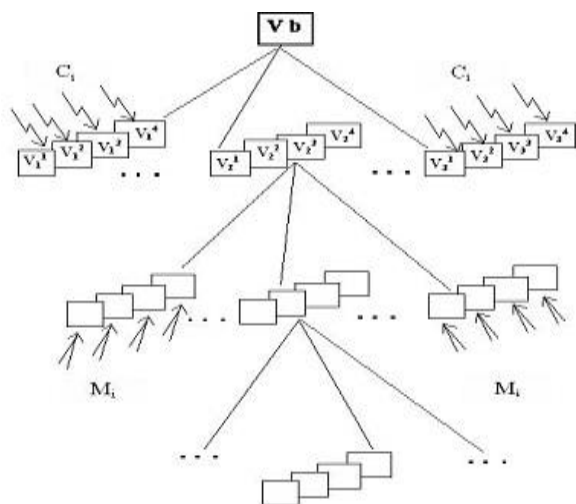


Рисунок 2 – Многовариантный характер исследований направлений развития ТЭК с учетом требований энергетической безопасности

Второе применение ФС-модели может быть использовано для методологического обоснования разработки средств ситуационного управления, что будет рассмотрено ниже.

4. Языки и инструментальные средства ситуационного управления.

Для описания объектов управления Д.А. Пospelовым и его учениками предлагалось использовать семиотические, или знаковые модели, включающие как необходимые формализмы, так и правила их изменения, а также дискретные ситуационные сети (ДСС). В качестве языков ситуационного управления рассматривались: язык исчисления предикатов первого порядка, язык RX-кодов (прообраз современных онтологий), универсальный семантический код; предлагалось создать универсальный ЯСУ на основе ДСС

(подробнее это рассматривалось авторами в [Массель и др., 2014]). К сожалению, учитывая как усовершенствование технической платформы, так и появление новых языков программирования, в настоящее время невозможно использовать программные средства, разработанные в 80-х годах, которые, если и сохранились, перешли в категорию унаследованного программного обеспечения.

Современные языки и инструментальные средства ситуационного управления в энергетике авторы предлагают разрабатывать на основе принципа сетцентричности, в основе которого - наличие интегрированной информационной среды, позволяющей обеспечивать информационный обмен между участниками информационного процесса с использованием ситуационной осведомленности, обеспечиваемой средствами ГИС-сервисов (3D-визуализации) (рис. 3) [Массель и др., 2013с].

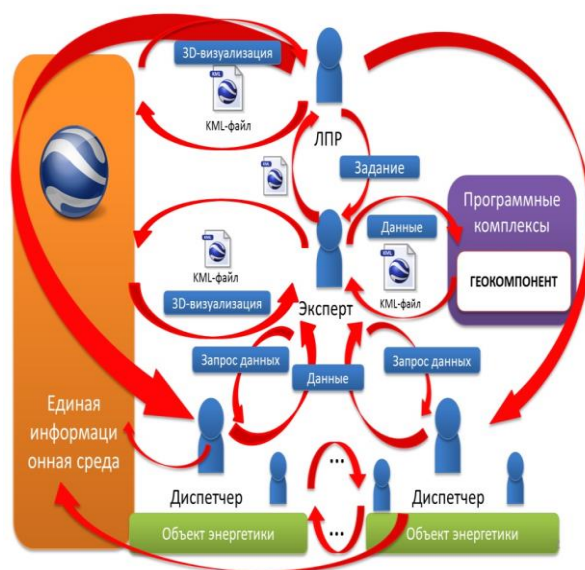


Рисунок 3 – Обобщенная схема поддержки принятия решений в энергетике в рамках сетцентрического подхода

С помощью ФС-модели можно представить язык ситуационного управления как пятерку $L = (C, G, E, U, F)$, где C и G - описание исходной и целевой ситуаций, E - сценарий ЭкС, U - описание управляющих воздействий (событий), F - описание отображений.

В соответствующей ФС-модели могут быть выделены слои как исходных и целевых ситуаций C и G , так и E - сценариев ЭкС. Управляющие воздействия U могут быть описаны как события, образующие отдельный слой. Отображения F есть не что иное, как наложение сценариев E на исходные ситуации C , порождающие «переходные ситуации» P , а также воздействие управляющих воздействий U на «переходные ситуации» P , с тем чтобы перевести их в целевые (устойчивые) ситуации G .

Соответственно язык ситуационного управления должен включать две составляющих (D, M): средства описания знаний D (для описания

ситуаций, сценариев, управляющих воздействий), и средства манипулирования знаниями M (для отображений информационных объектов из любого слоя в каждый). Последние включают как средства поддержки отображений F , так и, в идеале, средства логического вывода на цепочках (C, E, P, U, G) (исходная ситуация, сценарий ЭкС, переходная ситуация, управляющее воздействие, целевая ситуация).

На данном этапе в качестве средств описания знаний (D) предлагается использовать на первом шаге онтологии ситуаций, сценариев и событий и метаонтологии, интегрирующие детальные онтологии. На втором и последующих шагах онтологии отображаются в когнитивные модели, отражающие причинно-следственные связи концептов (понятий онтологий), событийные модели, описывающие развитие ситуаций, и БСД-модели, моделирующие риски возникновения ЭкС.

В качестве средств манипулирования знаниями (M) разрабатываются средства поддержки отображений F : переход от онтологий к когнитивным, событийным и БСД-моделям; переход от когнитивных моделей к событийным; переход от когнитивных и событийных моделей к БСД-моделям. В предыдущих работах авторов они назывались средствами интеграции когнитивных, событийных и БСД-моделей.

Для реализации средств логического вывода на первом шаге может быть использовано исчисление предикатов (например, конструкции языка Пролог). В последующем эти средства могут быть объединены в ситуационное исчисление [Рассел и др.]. В настоящее время средства ситуационного управления, включающие библиотеки онтологического (OntoMap), когнитивного (CogMap), событийного (EventMap) и вероятностного (BayNet) моделирования реализуются в составе Ситуационного полигона, разрабатываемого под руководством и при участии авторов [Массель А. и др., 2014].

Заключение

В статье рассмотрен подход к разработке методов и средств ситуационного управления в энергетике, основанный на семантическом моделировании. Реализация данного подхода рассматривается на основе принципа сетцентричности, подразумевающего наличие интегрированной информационной среды, позволяющей обеспечивать информационный обмен между участниками информационного процесса с использованием ситуационной осведомленности, обеспечиваемой средствами ГИС-сервисов (3D-визуализации). В качестве основных методов ситуационного управления рассматриваются методы ситуационного анализа и ситуационного моделирования, которые реализуются с помощью технологии и инструментальных средств онтологического, когнитивного, событийного и

вероятностного (на основе Байесовских сетей доверия) моделирования. Для методологического обоснования предложенного подхода используется авторская ФС-модель. Выделены две основные составляющие языка ситуационного управления: средства описания знаний (для описания слоев ФС-модели) и манипулирования знаниями (для поддержки отображений слоев). Показано, что на первом этапе для реализации этих составляющих могут быть использованы разработанные в авторском коллективе средства семантического моделирования: онтологического, когнитивного, событийного и вероятностного моделирования, которые интегрируются в рамках разрабатываемого под руководством и при участии авторов Ситуационного полигона.

Результаты, представленные в статье, получены при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 13-07-00140, № 15-07-01284, №15-37-20710, №15-57-04074, гранта Программы Президиума РАН №229.

Библиографический список

- [Поспелов, 1986] Ситуационное управление. Теория и практика. / Поспелов Д.А. // М.: Наука, 1986, 284 с.
- [Васильев, 2012] Интеллектуальные системы защиты информации / Васильев В.И. // М.: Машиностроение, 2012, 171 с.
- [Массель и др., 2014] Ситуационное управление и семантическое моделирование в энергетике / Массель Л.В., Массель А.Г. // Труды IV Международной конференции OSTIS, Беларусь, Минск: БГУИР, 2014, С. 111-116.
- [Массель, 2010] Применение онтологического, когнитивного и событийного моделирования для анализа развития и последствий чрезвычайных ситуаций в энергетике / Массель Л.В. // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. - №2. - 2010. - С. 34-43.
- [Массель А., 2010] Методологический подход к организации интеллектуальной поддержки исследований проблемы энергетической безопасности / Массель А.Г. // «Информационные технологии». - №9. - 2010. - С. 32-36.
- [Массель и др., 2012] Интеллектуальные вычисления в исследованиях направлений развития энергетики / Массель Л.В., Массель А.Г. // Известия Томского политехнического университета. - 2012. - Т. 321. - № 5. Управление, вычислительная техника и информатика. - С. 135-141.
- [Массель и др., 2013а] Семантические технологии на основе интеграции онтологического, когнитивного и событийного моделирования / Массель Л.В., Массель А.Г. // Материалы III международной научно-технической конференции «OSTIS-2013» – Беларусь, Минск: БГУИР, 2013. – С. 247-250.
- [Массель и др., 2013б] Технологии и инструментальные средства интеллектуальной поддержки принятия решений в экстремальных ситуациях в энергетике / Массель Л.В., Массель А.Г. // Вычислительные технологии. - 2013. - Т.18. - Специальный выпуск. - С. 37-44.
- [Массель, 1994] Фрактальная модель структурирования знаний / Массель Л.В. // Сб. науч. трудов Национальной конференции с международным участием “Искусственный интеллект-94”. - Рыбинск, 1994. - т.1. - С. 46-49.
- [Гаврилова и др., 1992] Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем / Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. // М.: Радио и связь, 1992. - 200 с.
- [Массель, 1995] Фрактальный подход к построению информационных технологий / Массель Л.В. // В кн: Кривоуцкий Л.Д., Массель Л.В. // Информационная технология исследований развития энергетики // Новосибирск: “Наука”, Изд. фирма РАН, 1995. - С. 40-67.
- [Массель и др., 2013с] Моделирование этапов принятия решений на основе сетцентрического подхода / Массель Л.В., Иванов Р.А., Массель А.Г. // Вестник ИРГТУ. - №10 (81). - 2013. - С. 16-22.

[Рассел и др.] Действия, ситуации и события.(онтология ситуационного исчисления)/ В кн.: Рассел С. , Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ.- М.: Изд. Дом «Вильямс», 2006.- С. 451-466.

[Массель А. и др., 2014] Ситуационный полигон как инструмент ситуационного управления в энергетике / Массель А.Г. Иванов Р.А. // Труды IV Международной конференции OSTIS, Беларусь, Минск: БГУИР. - 2014. – С. 277-280.

METHODS AND TOOLS OF CONTINGENCY MANAGEMENT IN ENERGY SECTOR BASED ON SEMANTIC 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

This article describes the proposed authors approach to contingency management in the energy sector based on semantic modeling. The modern interpretation of situational management is seen as a reflection of D.A. Pospelov and his colleague's ideas on the modern information technologies. The main methods of contingency management include situational analysis and situational modeling implemented using technologies and tools of semantic modeling in the energy sector, including the ontological, cognitive, event and probabilistic (based on Bayesian belief networks) modeling. The authors use for justification of the proposed approach own fractal stratified model (FS-model), by means of which the structure and the main components of the proposed contingency management language are described.

Key words: contingency management, semantic modeling, contingency management language, ontological, cognitive, event and probabilistic modeling.

Introduction

The authors propose to develop the concept of situational management for contingency management in the energy sector in extreme situations to which assigned as emergency so critical situations, predominantly to pay attention on the last to prevent escalation of critical situations in the emergency. The attention is paid to the relevance of the modeling and analysis of critical situations, what allows you to create a list of preventive and operational measures to prevent a possible emergency situation by means of technologies integrating of semantic and mathematical modeling. It is proposed to use the network-centric principle and develop special language of contingency management, including components of the knowledge description and knowledge manipulation. For justification of the proposed approach the authors use own fractal stratified model (FS-model), by means of which the structure and the main components of the proposed contingency management language are described.

Main Part

The modern interpretation of situational management in the energy sector is considered as a reflection of D.A. Pospelov and his colleague's ideas on the modern information technologies.

The authors propose to use in these studies, situational analysis and situational modeling as the main methods of contingency management. It is proposed to primarily use the idea of contingency management to elaborate strategies for the development of Russian energy sector to meet the requirements of energy security.

Modern languages and tools of contingency management in the energy sector the authors propose to develop on the basis of network-centric principle, based on the presence of integrated information environment, allowing data exchange between the participants of the information process using situational awareness provided by means of GIS-services (3D-visualization).

The fractal stratified model is described and shown its interpretation by the example of energy security problems research. The contingency management language is described as $L = (C, G, E, U, F)$, where C and G - description of the source and target situations, E - emergency scenario, U - description of management actions (events), F – descriptions of the mappings.

There are selected components of knowledge description and knowledge manipulation. The first includes the ontology's of situations, scenarios and events, as well as cognitive, event and probabilistic models.

The second includes a means to support mappings from any layer in each and means of inference on the chains (C, E, P, U, G) (the initial situation, the emergency scenario, a transitional situation, the control action, the target situation).

To implement the means of inference in the first step can be used predicate calculus (eg, constructions of Prolog). Subsequently, these tools can be combined into a situational calculus.

Currently, situational management tools, including libraries ontological (OntoMap), cognitive (CogMap), event (EventMap) and probabilistic (BayNet) simulations are implemented as part of the Situation polygon, which developed under the supervision and with the participation of authors.

Conclusion

The article describes the approach to the development of methods and means of contingency management in the energy sector based on semantic modeling.

It is proposed to use in the first stage a means of semantic modeling, such as ontological, cognitive, event and probabilistic modeling, which are integrated into the framework of the Situation polygon which is developed under the supervision and with the participation of the authors.

The results presented in this paper were obtained with the partial financial support by RFBR grants № 13-07-00140, № 15-07-01284, №15-37-20710, №15-57-04074, by grant of RAS Presidium Program № 229.