Онтологический подход к представлению знаний о методологии моделирования сложной системы управления

Р.В. Ерженин¹, Л.В. Массель²

¹ Научно-практический центр «ГОСУЧЕТ», Москва, Россия

² Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск, Россия

Аннотация

Рассматривается онтологический подход к решению проблемы представления знаний о моделировании современных организационно-технических систем управления. Целью данной работы является формирование модели предметной области моделирования сложной системы в сфере государственного управления. Предметом системного анализа выбрана оценка эффективности функционирования сложной системы управления, рассматриваемая как отдельный объект в моделировании системы. Представлены: структура методологического обеспечения рассматриваемой системы и её состав, включающий методологию моделирования, методику оценки эффективности и концепцию сопровождения разработки и внедрения системы поддержки выбора оптимальных параметров функционирования системы; структура методологии моделирования, включающая системную концепцию оценки эффективности и концепцию описания многоуровневой структуры сложной системы; модель предметной области моделирования и оценки эффективности сложной системы. Модель включает описания: сложной системы управления; деятельности по проектированию и оценке системы управления; разработки системы поддержки принятия решений. Новизна предложенного подхода заключается в его способности придать целенаправленный характер деятельности по моделированию сложной системы с определёнными характеристиками и логической структурой, а также в способности выделять существенные объекты реальных отношений в практике проектирования и представлять знания для совместной работы специалистов в компьютерном моделировании экспертной деятельности.

Ключевые слова: проектирование, система управления, информационная система, онтология, СППР, представление знаний, методология.

Цитирование: Ерженин Р.В. Онтологический подход к представлению знаний о методологии моделирования сложной системы управления / Р.В. Ерженин, Л.В. Массель // Онтология проектирования. – 2020. – Т. 10, №4(38). – С. 463-476. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-4-463-476.

*«Вводя понятие методологии, мы фактически различаем два
типа знания — знание о мире и знание о знании»
Юдин Э.Г.*

Введение

Принятие решений с ориентацией на мнения экспертов и аналитиков является одним из распространенных способов управления в различных сферах деятельности человека. Область экспертно-аналитических оценок и методы определения их качества сравнительно хорошо изучены во многих научных школах. В то же время, вопрос повышения эффективности суждений высококвалифицированных специалистов, привлекаемых для оценки сложных объектов, всё чаще становится предметом научных дискуссий.

В современном государственном управлении привычным подходом являются экспериментальные проверки на субъективно-принятых суждениях. Однако для многих сложных объектов, таких, например, как сложная организационно-техническая система управления (далее – ОТС управления), натурные эксперименты невозможны. Поэтому проведение пол-

ноценных экспертно-аналитических мероприятий в рамках проектирования сложных систем в сфере государственного управления не отличается широкой популярностью ввиду наличия жёстких требований к скорости получения и составу информации для принятия решений. Подобную проблему повышения качества экспертно-аналитической деятельности можно успешно решать, используя подходы системного анализа.

Известным средством формализации и систематизации знаний, включая научные предметные области (ПрО), являются *онтологии*. В данной работе предпринята попытка определить состав и структуру методологического обеспечения, выделить основные понятия и систематизировать информацию в такой научной области, как *оценка эффективности ОТС управления*.

1 Особенности моделирования и оценки эффективности сложных организационно-технических систем управления

Исследованию *эффективности систем* в различных областях деятельности человека посвящена обширная научная литература. В ряде работ рассматривается такое понятие, как *теория эффективности* [1-6], а в отдельных исследованиях [6-9] речь идёт о *теории оценки эффективности*, современное изложение которой позволяет трактовать эффективность как сложное и многогранное явление, отражающее не только соотношение результатов и затрат, но и эффективность процесса, степень удовлетворённости деятельностью, степень достижения результата и т.п.

Понятие *ОТС управления* охватывает практически все используемые и создаваемые для управленческой деятельности *информационные системы (ИС) управления*. В рамках отдельной ОТС управления реализуется профессиональная деятельность управленцев в обособленно-функциональной области. Характеристики функционирования ИС задаются другими специалистами в процессе управленческой деятельности другого типа, где эта ОТС управления становится результатом и предметом управления её развитием. Такая «другая» управленческая деятельность наиболее чётко просматривается на примерах организации различных *ИТ-проектов*, реализуемых в определённой временной последовательности по фазам, стадиям и этапам [10]. Одной из наиболее важных фаз в этой деятельности является *проектирование*, результатом которого становится *архитектурная модель* ИС.

Создание модели сложной системы определяется содержанием *метода моделирования*, в котором исходя из *логической структуры методологии* [10] выделяются три базовых элемента: *субъект*—исследователь (системный архитектор); *объект* исследования (ОТС управления); *модель*, опосредствующая отношения познающего субъекта и познаваемого объекта.

Построение модели с *приемлемыми* показателями функционирования - системная задача, требующая анализа и синтеза исходных данных, гипотез, теорий, опыта и знаний специалистов. Подобную системную задачу можно разделить на две составляющие:

- создание (синтез) различных моделей;
- анализ свойств системы на основе исследования их моделей.

При этом синтез также подразделяется на две задачи:

- синтез структуры проектируемых систем (структурный синтез);
- выбор численных значений параметров функционирования элементов систем (параметрический синтез).

Обе задачи относятся к области *принятия проектных решений*, связанных с построением модели сложной системы с приемлемыми показателями функционирования, осуществляются в условиях неопределённости.

Общие алгоритмы оценки эффективности функционирования ИС ОТС управления подразделяются на два базовых алгоритма решения прямой и обратной задач.

Алгоритм решения прямой задачи, который используется для анализа эффективности функционирования ИС и её элементов:

- 1) выявление и формализация функций;
- 2) обоснование показателей эффективности функционирования;
- 3) обоснование критериев оценивания эффективности функционирования;
- 4) разработка математической модели оценки эффективности функционирования;
- 5) вычисление показателей эффективности функционирования;
- 6) оценивание эффективности функционирования;
- 7) исследование влияния эксплуатационно-технических характеристик ИС на эффективность функционирования;
- 8) анализ чувствительности показателей эффективности и отбор значимых факторов.

Алгоритм решения обратной задачи - задачи синтеза ИС и её элементов:

- 1) выявление и формулирование целей повышения эффективности функционирования, отбор значимых управляемых факторов;
- 2) обоснование критериев эффективности и показателей их оценивания;
- 3) построение математической модели эффективности функционирования ИС;
- 4) испытание новой модели ИС и определение её оптимальных характеристик;
- 5) обоснование требований к структуре ИС (структурный синтез);
- 6) обоснование требований к эксплуатационно-техническим характеристикам ИС (параметрический синтез);
- 7) обоснование требований к организации процесса функционирования ИС (алгоритмический синтез).

2 Структуризация отношений в моделировании ОТС управления

2.1. Структура системы методологического обеспечения

Особенности моделирования ОТС управления позволяют заключить, что для снижения уровня неопределённости при создании модели ИС решение задач синтеза следует осуществлять через решение задачи анализа.

Методологическое обеспечение управления развитием ОТС управления представляет собой процесс формирования и совершенствования системы взаимоувязанных концепций, принципов и методик, обеспечивающих поддержку моделирования и проектирования ИС управления.

Обоснование такой *системы обеспечения*, когда наряду с объективными данными о моделируемой системе приходится использовать и субъективную информацию, заключённую в знаниях экспертов, является сложным процессом. Подобная сложность обусловлена неоднородностью иерархии организационной структуры системы управления и необходимостью комплексного учёта основополагающих принципов её описания, разнообразия видов работ по моделированию и оценке, а также учёта большого количества разнообразных факторов. Кроме этого, при проектировании системы возникает необходимость решения и задач оптимизации по различным критериям с целью подбора приемлемых значений для параметров её функционирования.

Моделирование ОТС управления имеет свои отличительные особенности, формирующие особые отношения в данной ПрО, в том числе отношения людей в тех бизнес-процессах, ко-

торые связаны с проектированием системы. Сложность подобных отношений указывает на необходимость выделения структуры обеспечения в деятельности, связанной с моделированием системы.

Структура системы методологического обеспечения развития сложной ОТС управления, представленная на рисунке 1, включает совокупность знаний особого рода, находящихся в комплексном соподчинении и выступающих как ориентиры деятельности, связанной с анализом и синтезом сложной системы.

Рисунок 1 – Структура системы методологического обеспечения развития сложной организационно-технической системы управления

Система методологического обеспечения моделирования управления развитием ОТС управления включает:

- методологию моделирования;
- методическое обеспечение оценки эффективности;
- концепцию сопровождения разработки и внедрения экспертно-ориентированной системы поддержки выбора оптимальных параметров функционирования ИС управления.

Такой состав системы методологического обеспечения содержит всю необходимую информацию об организации моделирования и о подходах к разработке технологии поддержки выбора и может обеспечить необходимыми условиями деятельность эксперта и деятельность системного инженера, связанные с проектированием ИС.

2.2. Структура методологии моделирования

Организовать целенаправленную деятельность моделирования означает упорядочить её в целостную систему с чётко определёнными характеристиками, логической структурой и процессом её осуществления. Подобная система чаще всего отражается в форме отдельной методологии моделирования как общей совокупности целей, гипотез, подходов, принципов, методов, средств и процедур логической организации, используемых при изучении сложной системы управления.

Разработка методологии моделирования ОТС управления требует использования множества понятийных и категориальных конструкций и различий от мира явлений, как результата синтетического преобразования структуры и статуса эмпирических данных, до универ-

сальной схемы взаимодействия, от самостоятельности научной реальности до различения онтики¹ и онтологии [11].

Целью разработки методологии моделирования ИС ОТС управления является расширение теоретической базы и создание руководящих материалов для организации проведения комплексного анализа её функционирования. Задачи подобной методологии включают определение принципов, этапов, способов, методов, информационной базы, показателей, критериев и форм предоставления информации для принятия решений.

Структура методологии моделирования, представленная на рисунке 2, сформирована с учётом обобщения рассмотренных теоретических исследований оценки эффективности функционирования сложной ОТС управления.

Рисунок 2 – Структура методологии моделирования сложной организационно-технической системы управления

3 Методология моделирования как набор объектов отношений в проектировании системы

В данной работе методология моделирования и оценки эффективности представлена через объективацию реальных отношений в практике проектирования ОТС управления. На современном этапе развития объективация становится относительно самостоятельной сферой деятельности человека, т.к. она непосредственно связана не только с предметом теоретического анализа, но и с представлением деятельности в виде модели для компьютерного моделирования.

¹Онтический – в философии М. Хайдеггера относящийся к порядку сущего в отличие от «онтологического» как относящегося к порядку бытия. См. Новая философская энциклопедия. - М.: Мысль, 2010.

Согласно [11], в состав объективации включаются как типичные используемые в науке «вещи» (научные теории, гипотезы, данные и т.п.), так и типичные структуры субъекта науки и его деятельности (структуры типичных деятельности порождения и воспроизводства текстов, фиксации данных, классификации, анализа и т.п.) и типичные виды организации такой деятельности (объективированные в научных профессиях, специальностях и в научных организациях). Поэтому подобное понимание методологии моделирования может включать все формальные, логические и эмпирические определённости её, как отдельного объекта, так и составной части общей теории оценки эффективности ОТС управления.

Основные объекты методологии моделирования ОТС управления формируются вокруг *системной концепции* оценки эффективности функционирования сложной системы управления. К наиболее важным объектам системной концепции можно отнести основные принципы, на основе которых формируется *концепция описания многоуровневой структуры*, включающая набор методов, используемых для описания свойств, структуры и поведения системы, а также для разработки моделей оценки эффективности её функционирования.

3.1. Системная концепция оценки эффективности функционирования сложной системы управления

Концептуальные основы оценки эффективности функционирования ИС ОТС управления предполагают определение *концепции оценки*. Подобная концепция содержит основные идеи по описанию облика исследуемого объекта как системы, теоретических и методических основ его исследования. *Системное представление* об оценке ОТС управления, включает следующие положения:

- ОТС управления рассматривается как сложная иерархическая система, состоящая из определённых элементов, обеспечивающих её целенаправленность;
- ОТС управления имеет множество состояний, определяемых уровнем её организованности, зависящим от формы её организационной структуры, выбранной технологии и качества взаимодействия её внутренних структурных элементов между собой и внешней средой.

Преимущества системного подхода позволяют не только построить модель реальной системы, но и использовать эту модель для оценки функционирования системы. Системная концепция оценки эффективности обусловлена теми *свойствами системы*, которые определяются на основе базовых принципов системного подхода [12, 13], таких как целенаправленность, целостность, иерархичность, многоаспектность и др.

3.2. Концепция описания многоуровневой структуры сложной системы

Рассматривая свойства сложной ОТС, можно прийти к заключению, что основная проблема её исследования проявляется в поиске компромисса между простотой описания, позволяющей составить и сохранять целостное представление об объекте, и детализацией описания, позволяющей отразить многочисленные особенности исследуемого объекта. Один из путей решения этой проблемы - задание принципов для описания семейства формальных моделей, каждая из которых может описать систему с целевой позиции и позиции соответствующего уровня абстрагирования.

Признаки деления для ОТС управления могут быть представлены, например, принципами *территориального* или *отраслевого* деления, наиболее характерными для сферы государственного управления в России. Признаком деления по *пространственной (территориальной) иерархии* является занимаемая публично-правовым образованием площадь; чем больше площадь территории, тем выше его ранг (уровень в иерархии). Данный признак не

всегда является объективным, так как площадь, занимаемая объектом, не всегда соответствует его значимости, поэтому другим критерием пространственной иерархии является количество населения, проживающего на этом пространстве (территории).

Концепция многоуровневой структуры, сочетающей территориальный и отраслевой принципы и принцип *вертикальных* и *горизонтальных* связей между ОТС управления, впервые была предложена В.М. Глушковым при разработке общегосударственной автоматизированной системы управления [14]. Подобная смешанная структура характерна для современного управления государственным бюджетом и может квалифицироваться как стратифицированная структура управления с вертикальными и горизонтальными связями. Стратифицированные структуры такого типа могут быть реализованы на принципах эшелонированного управления, предложенных М. Месаровичем [12, 13].

Организационная структура современного российского управления на каждом уровне формируется с помощью соответствующих нормативно-правовых и нормативно-методических документов, регламентирующих конкретные информационные и координационные связи между органами управления. Организационные структуры территориального и отраслевого управления не всегда рассматриваются как подчинённые друг другу, что затрудняет графическое представление структуры управления даже одной отраслью, не говоря уже о представлении структуры управления страной [15].

Кроме принципов описания структуры и функций системы, должны быть определены основные *принципы оценки эффективности*, которые целесообразно представить в виде структуры, состоящей из трёх основных групп (см. рисунок 3):

- *теоретические принципы*, определяющие теоретическую основу моделирования и оценки эффективности функционирования ОТС управления;
- *методологические принципы*, определяющие основные направления, состав и структуру деятельности по моделированию ОТС управления;
- *технические принципы*, определяющие порядок осуществления деятельности по оценке эффективности функционирования ОТС управления.

4 Рефлексия в формировании методологического знания

4.1. От методологии моделирования к онтологии методологии

Онтологический подход в задачах моделирования сложных систем связан с работой по выделению и объединению релевантных инфологических и функциональных аспектов моделируемой системы в соответствующей онтологии. Фундаментальным вопросом *онтологического анализа* является «объективизация», используемая в данной работе для *выделения ПрО моделирования из зоны интуиции* эксперта с целью *конструирования онтологии* [16].

Конструирование онтологии методологии моделирования относится к одной из наиболее острых проблем [17]. Связано это с тем, что современные методологии структурного анализа и проектирования CASE-инструментов [18], а также различные технологии инженерии знаний [19] в общем случае не адаптированы для проведения систематической процедуры или формализма, позволяющего «вывести» общую структуру ПрО моделирования ОТС управления. Между тем, онтологический подход в создании баз знаний для моделирования ПрО был успешно использован, например, в работах [20-22] и ряда др.

Предложенная на рисунке 4 онтология методологического обеспечения (ОМО) управления развитием отраслевой ОТС сферы государственного управления, как онтология ПрО, содержит отношения в системе понятий и методов, представленных в разделе 2. ОМО состоит из подсистем взаимосвязанных онтологий, отвечающих за представление различных компо-

нентов знаний [17], где компоненты сосредоточены вокруг методологии создания модели ОТС управления, описания модели её оценки функционирования и вокруг модели проведения этой оценки. ОМО как *онтология области знаний* задаёт систему понятий и отношений, предназначенных для детального описания ПрО моделирования сложной системы управления, а как *онтология задач и методов*, описывает методологические задачи, решаемые при проектировании ОТС управления, и методы, используемые для их решения.

Для получения адекватной модели знаний о ПрО моделирования необходимо сформировать системное представление о модели оценки, которая должна отражать все аспекты методологии моделирования ОТС управления. При этом под адекватной моделью оценки эффективности понимается система, включающая различные модели и методы, описывающие как структуру оцениваемой системы управления, так и структуру деятельности по оценке эффективности её функционирования.

Рисунок 3 – Структура принципов оценки эффективности сложной организационно-технической системы управления

Рисунок 4 – Онтология методологического обеспечения управления развитием отраслевой организационно-технической системы сферы государственного управления

Модель ПрО знаний, отображённая на рисунке 4, характеризует отношения в моделировании ОТС управления как отношения к объекту исследования и как отношения к знаниям о нём как о части мира. Использование онтологического подхода позволяет выделить объективное содержание моделирования сложной системы, а познание этого моделирования рассматривается как деятельность по выявлению допустимой семантики информации о ПрО.

Предложенный подход к представлению методологического знания о моделировании может рассматриваться и как рефлексия, т.е. как форма контроля движения к получению истины. В этом отношении рефлексия формально-организационной стороны, главной особенностью которой является ориентация на знание и на процесс его получения, в целом направлена на создание *нормативной методологии*. Её результатом является построение предписаний и норм, соблюдение которых необходимо для обеспечения правильности постановки проблемы [11].

Развитие рефлексии приводит к тому, что анализ средств познания постепенно перерастает в их систематическое производство, где результат может приобрести стандартизованную «инженерную» форму [23, 24], *становится объективно необходимой и реализуется тенденция к формализации (в том числе алгоритмизации) и математизации самой системы деятельности в науке* [23].

4.2. Интеллектуальная поддержка оценки эффективности функционирования сложной системы

Начальная и фундаментальная фазы онтологического анализа опираются на анализ и систематизацию доступных данных об актуальной части реального мира – ПрО моделирования сложной системы. Для обозначения этой фазы часто используют также термин «*концептуальный анализ*»; содержание этого определения интерпретируют, например, как *абстрагирование* существа физических объектов и их взаимосвязи в виде некоторой модели или теории, которая соответственно называется *концептуальной моделью* изучаемого объекта [25]. При этом, результатом концептуального анализа ПрО оценки эффективности ОТС управления становится не только концептуальная модель оценки, но и её *информационная модель*.

В случае с представленной на рисунке 4 онтологией, под информационной моделью понимается модель деятельности по оценке ОТС управления, в которой представлены информационные аспекты этой деятельности, в том числе связанные с объектом оценки и с выбором метода оценки. Таким образом, концептуальная модель оценки может быть реализована в обобщённой информационной модели *интеллектуальной системы поддержки принятия решений* (СППР), необходимой эксперту для помощи при определении параметров функционирования моделируемой ОТС управления.

Методологическое обеспечение моделирования управления развитием ОТС управления включает кроме методологии моделирования и адаптированных к ней методик оценки системы, также и специальную *концепцию комплексного сопровождения разработки и внедрения интеллектуальной экспертно-ориентированной СППР*. Основная задача концепции заключается в *методологическом сопровождении* процедур разработки и внедрения СППР от этапов предпроектирования до реализации. В этом отношении представляется конструктивным подход, когда СППР строится для решения определённого класса задач, содержит множество методов и позволяет выбирать методы для решения конкретных задач, например, представленных в [26].

В разработке интеллектуальной экспертно-ориентированной СППР можно выделить те же этапы, что и в разработке любых ИС [27].

Таким образом, предложенная концепция направлена на обеспечение поддержки совместной работы экспертов, системных инженеров и программистов. Подобная концепция

позволит обеспечить единую систему понятий, общий концептуальный базис ПрО моделирования и оценки ОТС управления.

Заключение

Рассмотрена ПрО моделирования ОТС управления как целенаправленная деятельность в решении задачи оценки эффективности её функционирования.

Методология моделирования ОТС управления связана со многими разделами науки и интеллектуальными традициями, что является основанием для выделения проблемы междисциплинарной интеграции знаний. Решение этой проблемы в проектировании сложных ОТС сдерживается отсутствием удобных инструментов, позволяющих приобретать, накапливать и использовать разнородные знания для принятия решений при построении адекватных моделей системы.

Факторы новизны предлагаемых подходов к решению обозначенной проблемы заключаются в использовании онтологического подхода к представлению знаний об оценке эффективности сложной иерархичной системы управления.

Разработанная онтология ПрО моделирования и оценки эффективности может быть использована в качестве основы для разработки интеллектуальной экспертно-ориентированной СППР в процедурах макропроектирования крупномасштабных ИС управления.

Предложенные модели знаний о ПрО, созданные на их основе инструментарии могут повысить производительность труда экспертов, качество принятия решений в условиях неопределённости, сократить сроки создания, упростить модификацию и сопровождение экспертно-ориентированных систем.

Список источников

- [1] **Ильичев, А.В.** Эффективность проектируемой техники: Основы анализа / А. В. Ильичев. - М.: Машиностроение, 1991. – 336 с.
- [2] **Росин, М.Ф.** Статистическая динамика и теория эффективности систем управления / М.Ф. Росин, В.С. Булыгин. - М.: Машиностроение, 1981. – 312 с.
- [3] **Соломонов, Ю.С.** Большие системы: гарантийный надзор и эффективность / Ю.С. Соломонов, Ф.К. Шахтарин. - М.: Машиностроение, 2003. – 368 с.
- [4] **Флейшман, Б.С.** Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем / Б.С. Флейшман. - М.: Советское радио, 1971. – 224 с.
- [5] **Coelli, T.** An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis / T. Coelli, D.S. Prasada Rao, G.E. Battese. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. - 275 p.
- [6] **Сухарев, О.С.** Теория эффективности экономики / О.С. Сухарев. – М.: ИНФРА-М, 2014. - 367 с.
- [7] **Галиуллин, Х.Я.** Эффективность как категория теории эффективности / Х.Я. Галиуллин, Г.П. Ермаков, М.В. Симонова // Экономика и предпринимательство. - 2016. - № 9. – С.555-562.
- [8] **Коган, А.Б.** Генезис теории оценки эффективности реальных инвестиций / А.Б. Коган, А.В. Новиков // Вестник НГУЭУ. - 2017. - № 2. - С.10-18.
- [9] **Казаку, Е.В.** Тенденции развития теории оценки эффективности перспективных инвестиционно-строительных проектов в цифровой экономике / Е.В. Казаку // Бюллетень результатов научных исследований. - 2019. - № 4. - С.109-129.
- [10] **Белов, М.В.** Структура методологии комплексной деятельности / М.В. Белов, Д.А. Новиков // Онтология проектирования. – 2017. – Т.7, №4(26). - С.366-387. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-366-387.
- [11] **Чусов, А.В.** О перспективах развития методологии науки: моделирование, объективация, общая структура метода / А.В. Чусов // Вопросы философии. - 2012. - № 1. - С.60-70.
- [12] **Волкова, В.Н.** Теория систем и системный анализ / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. - М.: Юрайт, - 2012.
- [13] **Месарович, М.** Общая теория систем: Математические основы / М. Месарович, Я. Такахаара. - М.: Мир, 1978. – 312 с.
- [14] **Глушков, В.М.** Основы безбумажной информатики / В.М. Глушков. – М.: Наука, 1987. – 552 с.

- [15] **Ерженин, Р.В.** Стратифицированная модель управления государственным бюджетом / Р.В. Ерженин // Информационные и математические технологии в науке и управлении. - 2019. - №4(16). - С.46-59.
- [16] **Смирнов, С.В.** Онтологический анализ предметных областей моделирования / С.В. Смирнов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2001. - Т. 3, № 1. - С.62-70.
- [17] **Загоруйко, Ю.А.** Проблемы построения онтологий научных предметных областей на основе паттернов онтологического проектирования / Ю.А. Загоруйко, О.И. Боровикова // Информационные технологии и системы. Труды Седьмой Всероссийской научной конференции с международным участием. Отв. редакторы Ю.С. Попков, А.В. Мельников. - 2019. - С.157-161.
- [18] **Калянов, Г.Н.** CASE-структурный системный анализ (автоматизация и применение) / Г.Н. Калянов. - М.: Лори, 1996. - 242 с.
- [19] **Гаврилова Т.А.** Инженерия знаний. Модели и методы / Т.А. Гаврилова, Д.В. Кудрявцев, Д.И. Муромцев. - СПб.: Издательство «Лань», 2016. - 324 с.
- [20] **Черняховская, Л.Р.** Разработка моделей и методов интеллектуальной поддержки принятия решений на основе онтологии организационного управления программными проектами / Л.Р. Черняховская, А.И. Малахова // Онтология проектирования. - 2014. - №4(10). - С.42-50.
- [21] **Бармина, О.В.** Построение системы поддержки принятия решений на основе онтологического анализа предметной области / О.В. Бармина, Н.О. Никулина // Интеллектуальные системы, управление и мехатроника: Материалы Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. - 2016. - С.463-467.
- [22] **Массель, Л.В.** Онтологический подход к построению цифровых двойников объектов и систем энергетики / Л.В. Массель, Т.Н. Ворожцова // Онтология проектирования. - 2020. - Т. 10, №3(37). - С.327-337. - DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-327-337.
- [23] **Юдин, Э.Г.** Системный подход и принцип деятельности: Методологические проблемы современной науки / Э.Г. Юдин. - М.: Наука, 1978. - 391 с.
- [24] **Корнилова, Т.В.** Методологические основы психологии / Т.В. Корнилова, С.Д. Смирнов. - М.: Издательство Юрайт, 2016. - 490 с.
- [25] **Соловьев, С.В.** Технология разработки прикладного программного обеспечения / С.В. Соловьев, Л.С. Гринкнут, Р.И. Цой. Дальневосточная гос. социально-гуманитарная академия, 2011. - 408 с.
- [26] **Загоруйко, Г.Б.** Разработка интеллектуальной СППР по предотвращению угроз энергетической безопасности / Г.Б. Загоруйко, Л.В. Массель // Вестник СибГУТИ. - 2019. - №3. - С.70-79.
- [27] **Загоруйко, Г.Б.** Модель комплексной поддержки разработки интеллектуальных СППР / Г.Б. Загоруйко // Онтология проектирования. - 2019. - Т.9, №4(34). - С.462-479.

Сведения об авторах

Ерженин Роман Валерьевич, 1972 г. рождения. Окончил Иркутский государственный технический университет в 1994 г., к.э.н. (2012). Генеральный директор ООО «Научно-практический центр ГОСУЧЕТ», доцент кафедры стратегического и финансового менеджмента Байкальской международной бизнес-школы Иркутского государственного университета. В списке научных трудов около 50 работ в области исследования проблем использования ИТ в сфере управления государственными финансами. ORCID: 0000-0001-9380-0987; AuthorID (RSCI): 752554; AuthorID (Scopus): 57204457721. rerzhenin@gmail.com.

Массель Людмила Васильевна, 1949 г. рождения. Окончила Томский политехнический институт (1971). Д.т.н. (1995), профессор (1999). Главный научный сотрудник, зав. отделом «Системы искусственного интеллекта в энергетике» Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (ИСЭМ), профессор Института информационных технологий и анализа данных Иркутского национального технического университета. В списке научных трудов около 300 статей и глав монографий в области проектирования информационных систем и технологий, семантического моделирования, разработки систем интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике. AuthorID (RSCI): 8466. Author ID (Scopus): 56440157300; Researcher ID (WoS): K-5060-2018. lvmassel@gmail.com.

Поступила в редакцию 16.11.2020, Принята к публикации 23.12.2020.

Ontological approach to the knowledge presentation about the methodology of modeling a complex control system

R.V. Erzhenin¹, L.V. Massel²

¹ Scientific and Practical Center "GOSUCHET", Moscow, Russia

² Institute of Energy Systems L.A. Melent'eva SB RAS, Irkutsk, Russia

Abstract

An ontological approach to solving the problem of knowledge representing about modeling modern organizational and technical control systems is considered. The purpose of this work is to form a model of the subject area of modeling a complex system in the field of public administration. The subject of system analysis is the assessment of the effectiveness of the functioning of a complex control system, considered as a separate object in the system modeling. The following are presented: the structure of the methodological support of the system under consideration and its composition, including the modeling methodology, the efficiency assessment methodology and the concept of support for the development and implementation of the system to support the choice of optimal parameters of the system functioning; the structure of the modeling methodology, including the system concept of assessing the effectiveness and the concept of describing the multi-level structure of a complex system; domain model for modeling and evaluating the effectiveness of a complex system. The model includes descriptions of a complex control system, activities for the design and assessment of the management system, development of a decision support system. The novelty of the proposed approach lies in its ability to impart a purposeful character to the activity of modeling a complex system with certain characteristics and logical structure, as well as in the ability to highlight essential objects of real relations in the practice of design and to present knowledge for the joint work of specialists in computer modeling of expert activity.

Key words: design, control system, information system, ontology, DSS, knowledge representation, methodology.

Citation: Erzhenin RV, Massel LV. Ontological approach to the knowledge representation about the methodology of modeling a complex control system [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(4): 463-476. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-4-463-476.

List of figures

Figure 1 - The structure of the system of methodological support for the development of OTS management

Figure 2 - The structure of the methodology for modeling complex OTS control

Figure 3 - The structure of principles for assessing the effectiveness of complex OTS control

Figure 4 - Ontology of methodological support for the development management of the sectoral OTS in the sphere of public administration

References

- [1] *Ilyichev AV*. The effectiveness of the designed equipment: Fundamentals of analysis [In Russian]. Moscow: Mechanical Engineering; 1991. 336 p.
- [2] *Rosin MF, Bulygin VS*. Statistical dynamics and control systems efficiency theory [In Russian]. Moscow: Mechanical Engineering; 1980. 312 p.
- [3] *Solomonov YuS, Shakhtarin FK*. Large systems: guarantee supervision and efficiency [In Russian]. Moscow: Mechanical Engineering; 2003. 368 p.
- [4] *Fleishman BS*. Elements of the theory of potential efficiency of complex systems [In Russian]. Moscow: Sov. Radio; 1971. 224 p.
- [5] *Coelli T, Prasada Rao DS, Battese GE*. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers; 1998. 275 p.
- [6] *Sukharev OS*. The theory of economic efficiency [In Russian]. Moscow: 2014. 367 c.
- [7] *Galiullin HYa, Ermakov GP, Simonova MV*. Efficiency as a category of efficiency theory [In Russian]. *Economy and entrepreneurship*. 2016; 9: 555-562.
- [8] *Kogan AB, Novikov AV*. The genesis of the theory of evaluating the effectiveness of real investments [In Russian]. *NSUEU Bulletin*. 2017; 2: 10-18.
- [9] *Kazaku EV*. Development trends of the theory of evaluating the effectiveness of promising investment and construction projects in the digital economy [In Russian]. *Scientific research results bulletin*. 2019; 4: 109-129.

- [10] **Belov MV, Novikov DA.** The structure of the methodology of complex activity [In Russian]. *Ontology of design.* 2017; 7(4): 366-387. - DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-366-387.
 - [11] **Chusov AV.** On the prospects for the development of the methodology of science: modeling, objectification, the general structure of the method [In Russian]. *Questions of philosophy.* 2012; 1: 60-70.
 - [12] **Volkova VN, Denisov AA.** System theory and system analysis [In Russian]. Moscow: Yurayt; 2012.
 - [13] **Mesarovich M, Takahara Ya.** General theory of systems: Mathematical fundamentals [In Russian]. Moscow: Mir; 1978.
 - [14] **Glushkov VM.** Fundamentals of Paperless Informatics [In Russian]. M.: Nauka, 1987. - 552 p.
 - [15] **Erzhenin RV.** A stratified model of state budget management [In Russian]. *Information and Mathematical Technologies in Science and Management.* 2019; 4(16): 46-59.
 - [16] **Smirnov SV.** Ontological analysis of modeling domains [In Russian]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.* 2001; 3(1): 62-70.
 - [17] **Zagorulko YA, Borovikova OI.** Problems of constructing ontologies of scientific subject areas based on ontological design patterns. *Information technologies and systems* [In Russian]. Proc. of the 7th All-Russian Scientific Conference with International Participation. Eds.: YS Popkov, AV Melnikov. 2019: 157-161.
 - [18] **Kalyanov GN.** CASE structural system analysis (automation and application) [In Russian]. Moscow: Lori; 1996. 242 p.
 - [19] **Gavrilova TA, Kudryavtsev DV, Myromtsev DI.** Knowledge engineering. Models and methods: textbook [In Russian]. S. Petersburg: Publishing house "Lan"; 2016. 324 p.
 - [20] **Chernyakhovskaya LR, Malakhova AI.** Development of models and methods for intelligent decision support based on the ontology of organizational management of software projects [In Russian]. *Ontology of design.* 2014; 4(10): 42-50.
 - [21] **Barmina OV, Nikulina NO.** Building a decision support system based on the ontological analysis of the subject area [In Russian]. *Intelligent systems, control and mechatronics: Proc. of the All-Russian scientific and technical conference of young scientists, graduate students and students.* 2016: 463-467.
 - [22] **Massel LV, Vorozhtsova TN.** Ontological approach to the construction of digital twins of energy objects and systems [In Russian]. *Ontology of design.* 2020; 10(3): 327-337. - DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-327-337.
 - [23] **Yudin EG.** Systematic approach and principle of activity: Methodological problems of modern science [In Russian]. Moscow: Science; 1978. 391 p.
 - [24] **Kornilova TV, Smirnov SD.** Methodological foundations of psychology: textbook for academic bachelor's degree - 2nd ed., Revised. and add. [In Russian]. Moscow: Yurayt Publishing House; 2016. 490 p.
 - [25] **Soloviev SV, Grinkrug LS, Tsoi RI.** Applied software development technology, study guide: for students of higher educational institutions [In Russian]. Moscow: Federal state. budgetary educational institution higher. prof. education "Far Eastern State. Social and Humanitarian Academy"; 2011. 408 p.
 - [26] **Zagorulko GB, Massel LV.** Development of intelligent DSS to prevent threats to energy security [In Russian]. *Bulletin of SibSUTI.* 2019; 3: 70-79.
 - [27] **Zagorulko GB.** Model of integrated support for the development of intelligent DSS [In Russian]. *Ontology of design.* 2019; 9(4): 462-479.
-

About the authors

Roman Valer'evich Erzhenin (b. 1972), graduated from Irkutsk State Technical University in 1994, Ph.D. (2012). General Director of Scientific and Practical Center GOSUCHET, Associate Professor of the Department of Strategic and Financial Management of the Baikal International Business School of Irkutsk State University. The list of scientific works includes about 50 works in the field of research on the problems of using IT in the field of public finance. ORCID: 0000-0001-9380-0987; Author ID (RSCI): 752554; Author ID (Scopus): 57204457721. erzhenin@gmail.com

Liudmila Vasilievna Massel (b. 1949) graduated from the Tomsk Polytechnic Institute, in 1971, Doctor of Technical Sciences (1995), professor (1999). Chief Researcher, Head of "Artificial Intelligent Systems in Energy Sector" department at Energy Systems Institute SB RAS. Professor of the Information Technologies and Data Analysis Institute in the Irkutsk National Research Technical University. The list of scientific works includes about 300 articles in the field of semantic modeling, design of information systems and technologies, and the development of intelligent decision support systems in the field of energy solutions. AuthorID (RSCI): 8466; Author ID (Scopus): 56440157300; Researcher ID (WoS): K-5060-2018. lvmassel@gmail.com

Received 16.11.2020. Accepted 23.12.2020.