

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ АГЕНТНО-БАЗИРОВАННЫХ ПЛАТФОРМ

Скрипкин Сергей Константинович

К.т.н., научный сотрудник лаборатории «Информационные технологии в энергетике»

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
664130 г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: sks@isem.irk.ru

Аннотация. Существуют различные агентные платформы, каждая из которых обеспечивает свой арсенал возможностей, но их реализации недостает гибкости, чтобы позволить разработчикам адаптировать их к нуждам отдельных приложений. В данной работе исследуются варианты конструкции ядра промежуточного программного обеспечения, основанного на семиотических мета-агентах, которые могут использоваться для расширения функциональных возможностей интегрированных агентных платформ, необходимых для моделирования энергетических систем.

Ключевые слова: концептуальное моделирование, метамоделирование, агентно-базированная платформа, интеграция агентных платформ, энергетическая система.

Введение. Методология концептуального моделирования, примененная к предметной области исследования энергетических систем, способствует эволюции и оптимизации энергетических систем, развитию подходов конструирования их элементов и интеграции в большие индустриальные системы. Направленность современных подходов (например, SmartGrid – интеллектуальные энергетические системы) обеспечивает связи элементов прошлого, настоящего и будущего энергетических комплексов и устройств, выявляет основные факторы, определяющие смену этапов научно-технического развития в энергетике [4].

Метамоделирование есть разновидность процесса концептуального моделирования – процесс по созданию более глубоких формальных описаний предметных областей. Оно представляет собой способ организации хранения и распространения знаний. Основная цель метамоделирования – описать данные настолько глубоко, чтобы они были самодостаточными и допускали расширение и модификацию своей структуры.

Методология концептуального метамоделирования предполагает широкое использование метаязыков. Концептуальная модель – это содержательная модель, при формулировке которой используются теоретические концепты данной предметной области знания. Концептуальные метамодели обладают более развитыми когнитивными свойствами и обеспечивают возможность корректного представления альтернативных вариантов декомпозиции больших систем энергетики на многослойные «системы систем» и решаемых для них исследовательских задач.

Целью статьи является определение стратегии исследования современных и перспективных теоретических и инструментальных подходов для комплексного моделирования энергетических систем, в частности, применения семиотического подхода в

задачах интеграции агентно-базированных и агентно-ориентированных платформ моделирования.

Агентно-базированные платформы представляют один из способов построения распределенных систем, использующий уже готовый набор агентов. Агентно-ориентированная платформа в первом приближении может считаться синонимом агентно-базированной, но может включать развитые инструментальные средства для создания пользовательских агентов моделирования (расширяемая платформа). Оба варианта позволяют описать и предоставить доступ всех приложений к необходимым удаленным сервисам. Функциями платформы является распределение своих агентов, аудит их функционирования и управление ими [8].

1. Семиотические аспекты. В открытых средах для отражения динамики среды и ситуативности знаний агентов требуется переход к семиотическим системам [6]. Семиотическая система может пониматься как динамическая система, состояниями которой являются формальные системы. Соответственно, агент, функционирующий в открытой среде, должен иметь семиотическую базу знаний и уметь работать с фрагментами неоднородных семантических сетей. Для трансформируемых сред в структуру агента должны включаться средства, позволяющие прогнозировать возможное развитие процессов в среде в результате тех или иных действий агента.

Семиотическое направление в агентных технологиях основано на переходе от формальных знаковых систем (синтаксических) к другим знаковым аспектам (семантическим и прагматическим) и установлению отношений между базовыми структурами в семиотике (синтаксис, семантика и прагматика) и коммуникациями (см. рис 1). Здесь центральной проблемой является создание адекватной ситуационной модели внешнего мира агентов.

Семиотическая модель агента – это модель, использующая семиотическую базу знаний. Семиотический мета-агент – обобщенное описание агентов и их взаимодействия, использующее общий метаязык. Семиотическое описание включает синтаксис, семантику и прагматику метаязыка описания и коммуникации агентов [20, 22]. Метаязык знаковой системы – специальное описание (перечисление) знаков, используемых в системе, вместе с краткими их характеристиками и правилами обработки внутри системы (алгоритмами) [9].

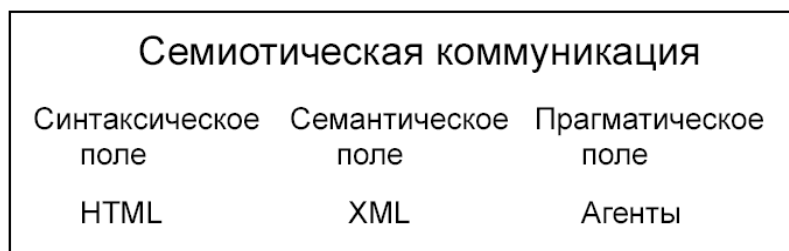


Рис. 1. Три составляющие семиотической паутины

Эволюционное направление развития семиотических моделей агентов характеризуется моделированием эволюционного процесса, связанного с идеями выживания, мутации и естественного отбор агентов. Его основная задача – моделировать процесс эволюции агентов по аналогии с эволюцией живых организмов и их интеллектов. Наиболее популярной разновидностью эволюционных моделей оказались генетические алгоритмы.

Различные группы исследователей по-разному определяют понятия агент, многоагентная система, агентно-ориентированная система, агентно-базированная система. Например, многоагентная система – это вычислительная программа, блоки решения задач (решатели) которой расположены в некоторой среде, и каждый из них способен к гибким, автономным и социально организованным действиям, направленным на предопределённое поведение или достижение общей цели [3, 6].

В настоящее время всё большее распространение получает семиотический подход с его интеграционными, синергетическими тенденциями, включая интеграцию различных точек зрения на искусственный интеллект и объединение различных моделей внутреннего представления внешней среды. Интеграция важнейших атрибутов интеллекта производится с целью получения нелинейных, эмерджентных эффектов благодаря взаимной компенсации недостатков и развитию преимуществ отдельных моделей (агентных платформ) в интегрированной структуре.

Выделим следующие направления исследований: нейрородные структуры социальных агентов и их объединений (агентств); агенты для решения интеллектуальных задач; системы, основанные на знаниях; интеллектуальное программирование; интеллектуальные системы; эволюционное моделирование (генетические алгоритмы); семиотическое моделирование. Рассмотрим основные типы агентов и их объединений.

2. Типы агентов и их объединения.

2.1. Интерфейсные агенты можно рассматривать как персональные ассистенты, которые помогают пользователю работать с различными программными средствами. Такие агенты наблюдают за действиями пользователя и пытаются предложить такие действия, которые должны упростить его работу. Они способны адаптироваться к индивидуальным особенностям и потребностям конкретного пользователя. Интерфейсные агенты способны к самообучению, что приводит к более эффективному выполнению ими своих функций. Для самообучения агенты используют:

- наблюдения за поведением пользователя;
- получение положительных или отрицательных оценок от пользователя;
- непосредственное получение инструкций от пользователя;
- консультации с другими агентами.

2.2. Internet-агенты являются самыми многочисленными представителями интеллектуальных агентов. Они возникли как средство обработки и транспортирования информационных ресурсов Internet. В отличие от интерфейсных агентов они способны не только создавать персонифицированный профиль, но и в соответствии с ним классифицировать информационные ресурсы. Internet-агентов можно разделить на две основные группы: статические и мобильные. Статические агенты обычно встроены в браузер. Например, такие агенты могут сортировать электронную почту, уведомлять пользователя о событиях и формировать сообщения, которые, по имеющимся у агента сведениям, могут его заинтересовать. Этот тип агента способен не только находить информацию, интересующую его пользователя, но и сообщать о ней другим агентам.

2.3. Intranet-агенты. Их работа во внутренних защищенных корпоративных сетях похожа на работу Internet-агентов, однако имеет свою специфику, связанную с высокими

требованиями по кибербезопасности. Характерные задачи, благодаря которым выделяют intranet-агентов:

- автоматизация бизнес-процессов предприятия;
- выполнение услуг, связанных с использованием информации из баз данных предприятия;
- высокая степень защищенности данных;
- наличие защищенного удаленного доступа партнеров.

2.4. Гетерогенные агенты интегрируют функции двух или более агентов, принадлежащих к разным типам. В отличие от классических систем искусственного интеллекта агенты не только предлагают решения проблемы, но и реально действуют. Для достижения своих целей агенты конструируют план действий, которые должны обеспечить выполнение поставленной перед ним задачи. Агента можно характеризовать в терминах алгебры поведения.

Сейчас сложились два разных, но взаимосвязанных подхода к определению агента. Согласно первому подходу агент определяется в основном своими действиями, а потому не может полностью характеризоваться по набору своих атрибутов. Во втором подходе агент определяется по его атрибутам. Агент – это активный объект, который воспринимает среду с помощью сенсоров и действует в ней с помощью эффекторов. Агенты функционируют в многомерном пространстве. Они состоят из нескольких слоев: коммуникации; координации; организации; определения; интерфейса пользователя.

2.5. Искусственный социальный агент – компьютерная модель (модели), которая имитирует свойства и отношения индивида в социальной и природной среде [1]. Из этого определения вытекает роль социальных агентов в современных технологиях как промежуточного звена между социальным субъектом и социальным объектом. Социальный агент может пониматься как "квазисубъект", способный в некотором смысле замещать другого субъекта, имеющий определенные обязательства перед ним и действующий по его поручению. Одновременно, такой агент – это активный объект (метаобъект), способный манипулировать другими объектами, формировать собственные планы действий, которые вызваны некоторыми потребностями и направлены на достижение целей [21]. Отсюда становятся понятными основные пути построения искусственных агентов и их базовые характеристики.

2.6. Агентство. Совокупность социальных агентов (агентство) представляет собой открытую метасистему, помещенную в некоторую среду, причем такая метасистема обладает собственным поведением, удовлетворяющим некоторым общим принципам (психологическим конструктам пользователя). Социальные агенты способны воспринимать данные и знания из внешней среды с ограниченным разрешением, обрабатывать их на основе собственных ресурсов, взаимодействовать с другими агентами и воздействовать на среду в течение некоторого времени, преследуя свои собственные цели.

При построении агентства минимальный набор базовых характеристик включает: а) активность, способность к организации и реализации плана действий; б) реактивность, способность воспринимать состояние среды и ее изменение; в) автономность, независимость от окружения или наличие некоторой "свободы воли", обуславливающей собственное поведение; г) коммуникабельность, вытекающую из необходимости решать свои задачи

совместно с другими агентами и обеспечиваемую развитыми протоколами коммуникации; д) целенаправленность, предполагающую наличие собственной мотивации [15].

2.7. Многоагентные системы. Основными свойствами интеллектуальной агентной системы, включающей программные решатели задач, являются ситуативность, автономность, гибкость и социальность. Многоагентные системы очень хорошо подходят для решения проблем, включающих большое количество методов решения или различных точек зрения. В этих областях многоагентные системы имеют преимущества распределённого и конкурентного решения проблем, в том числе за счёт реализации сложных схем взаимодействия на семиотических полях.

Интеграция агентных платформ [5, 7], обеспечивает более широкие функциональные возможности в рамках системы разнородных систем-компонентов: баз данных и знаний, систем информационно-аналитической поддержки инновационной и научно-образовательной деятельности, систем математического и ситуационного моделирования.

3. Предметные области использования агентно-ориентированных решений задач. Каждая предметная область может моделироваться как иерархия рабочих областей и процессов. Такими рабочими областями могут быть, например, этапы, общие семиотические поля и т.п. Эти рабочие области затем можно сгруппировать в производственные подсистемы [17,19]. Каждая из подсистем функционирует внутри некоторого производственного процесса. Впоследствии эти подсистемы можно объединить в агентную фабрику с общим семиотическим пространством [14].

3.1. Коммуникации. Телекоммуникационные системы являются большими распределёнными сетями, состоящими из взаимодействующих компонентов, которые требуют мониторинга и управления в реальном времени. Агентно-ориентированные системы используются для сетевого управления и менеджмента, передачи информации и обслуживания.

3.2. Информационный менеджмент. Агентные системы могут обеспечить интеллектуальный информационный менеджмент, особенно в Интернет. Критическими агентными задачами являются: а) фильтрация данных – получение из всей доступной информации лишь релевантной и б) сбор информации – задача накопления и определения приоритетов среди отобранных порций информации.

3.3. Электронная коммерция. Коммерция является областью, подходящей для агентных моделей. Например, современные программы могут принимать решения по многим покупкам и продажам на основании большого количества разнородной и распределённой информации.

Обобщенная схема взаимодействия между агентами различных типов и назначения при применении мета-агентов (ma1, ma2) [16] показана на рис. 2.

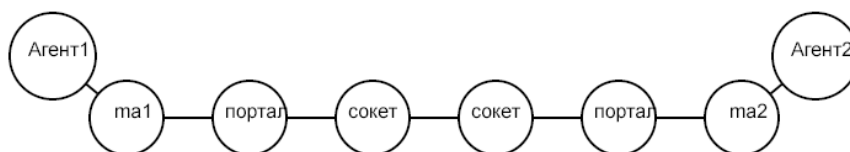


Рис. 2. Взаимодействие между агентами при применении мета-агентов

4. Агентные платформы. Агентная платформа – это промежуточный исполнительный уровень, который обычно находится между агентами и операционной системой [18]. Платформа может опираться не на саму операционную систему, а использовать уже существующую надстройку/платформу. Ничто не мешает разработать необходимую агентную платформу, которая будет опираться на уже существующую. Обычно агентная платформа:

- является средой, в которой функционируют «родные» агенты;
- предоставляет агентам базовые сервисы, необходимые для их существования;
- реализует всю низкоуровневую инфраструктуру;
- реализует определенные стандарты для обеспечения взаимодействия с другими платформами [11, 12, 23].

Концептуальная схема объединения агентов и мета-агентов в гетерогенное интегрированное агентство [16] показана на рис. 3.

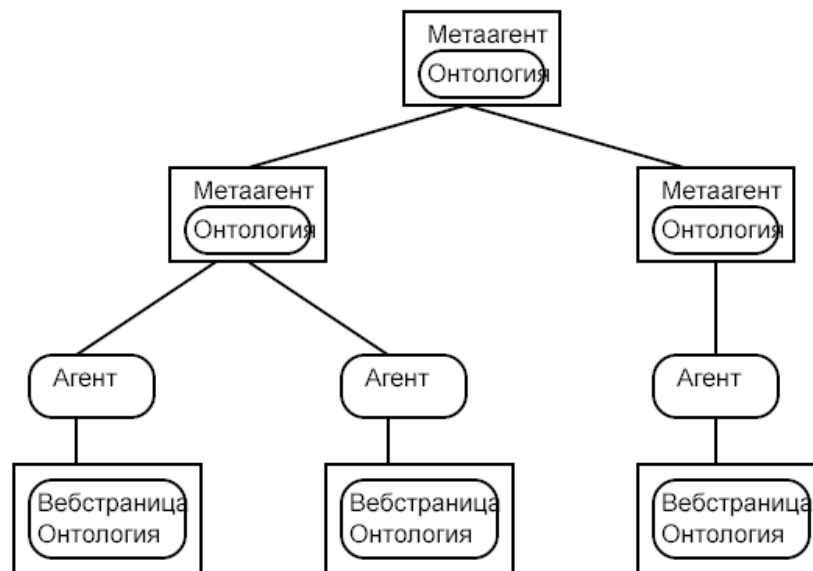


Рис. 3. Концепция объединения агентов и мета-агентов в интегрированное агентство.

В качестве исходных прототипов для экспериментов по интеграции агентно-базированных платформ использованы GAMA (GIS&Agent-based Modeling Arcitecture) с высокоуровневым языком управления агентами (GAML) и GIS [10, 12, 13]. На рис. 4 показан пример визуализации в GAMA.

Концептуальная модель агентной платформы EXE [11] представлена на рис. 5. Данная платформа интересна тем, что позволяет интегрировать наибольшее количество программных (браузеры, сервера и протоколы Интернет и Интранет, облачные технологии) и аппаратных средств (ПК, смартфоны, отдельные приборы), системы программирования (C++, javascript, java и унаследованное программное обеспечение).

Одним из наиболее интересных решений комбинированного моделирования является известная программа Anylogic российской компании XJ Technologies, которая позволяет достаточно успешно интегрировать агентное моделирование в системно-динамические модели, тем самым значительно повышая глубину проработки проблемы. AnyLogic поддерживает метод агентного моделирования (так же как системную динамику и

дискретно-событийное моделирование) и позволяет эффективно комбинировать этот метод с другими известными подходами [2].

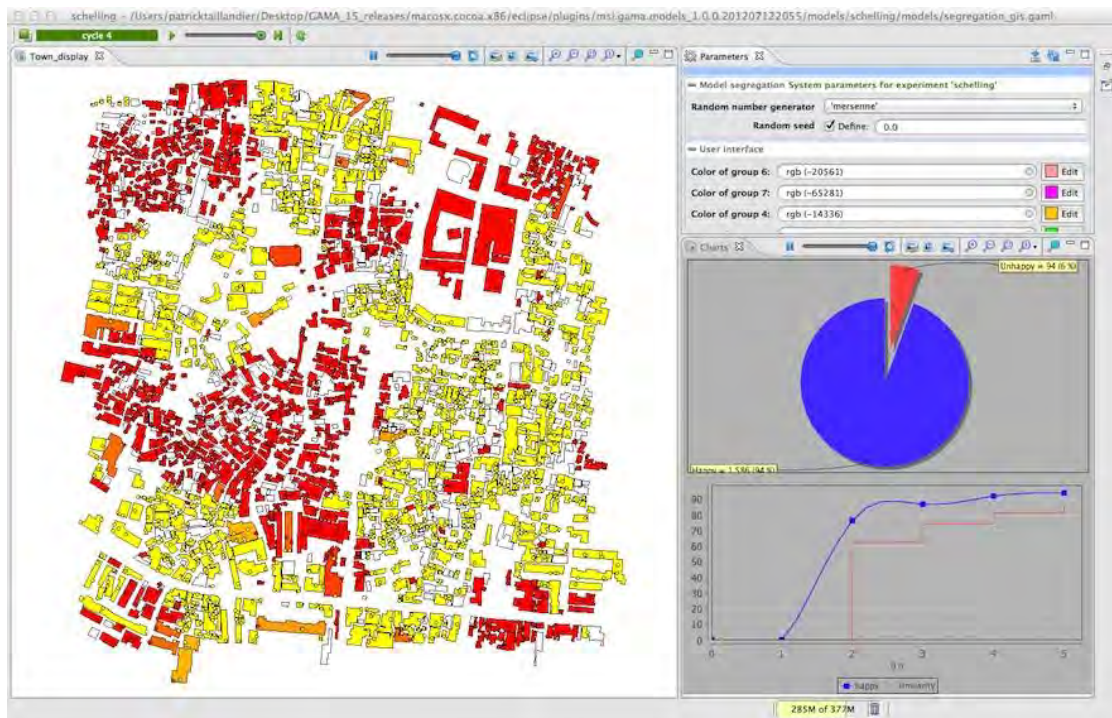


Рис. 4. Пример визуализации в GAMA (GIS & Agent-Based Modeling Architecture)

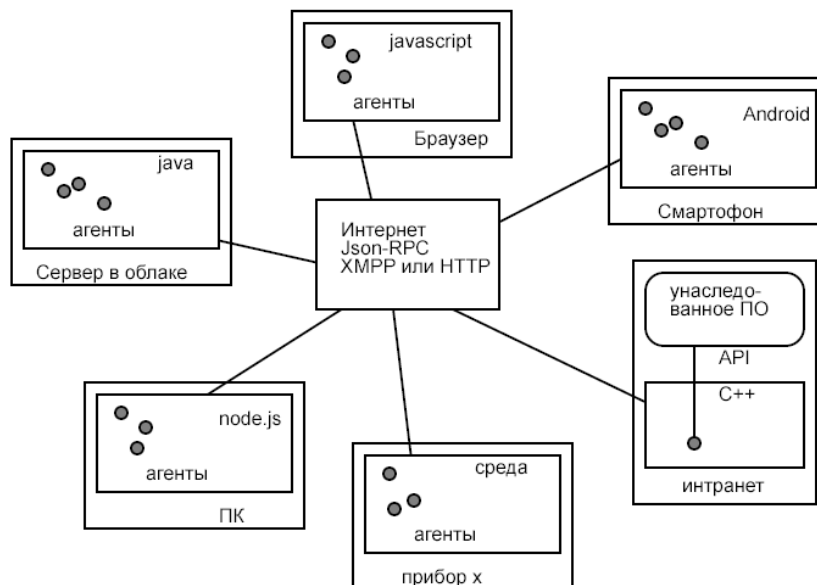


Рис. 5. Концептуальная модель агентной платформы EXE

Заключение. В зависимости от типа проблем, с которым сталкивается исследователь, может быть целесообразно применять либо агентный подход (моделирование «деревьев»), системно-динамический подход (моделирование «леса»), либо системную динамику (моделирование «мира»). Значительное развитие за последние годы программного обеспечения для имитационного моделирования позволяет успешно интегрировать его с программными продуктами различного назначения.

Работа выполняется при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 16-07-00474 и гранта Программы Президиума РАН № 229 (2015-2017гг).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдов А.А. О компьютерной теории социальных агентов // «СОЦИС». №2. 2006.
2. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic_5. СПб. БХВ-Петербург. 2006. 400 с.
3. Лещев В.А., Семенов А.Ф., Кеменов И.А., Конюхов И.А. Агентно-ориентированная технология проектирования // Программные продукты и системы. 2006. №1. С. 23-29.
4. Массель Л.В. Проблема построения интеллектуальных и программных компонентов SmartGrid и подход к ее решению на основе агентной технологии// XL Международная конференция "Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе": труды. Украина. Крым. 2012. С.22-25.
5. Сухорослов О. В. Интеграция вычислительных приложений и распределенных ресурсов на базе облачной программной платформы // Программные системы: теория и приложения. Электрон.научн. журн. 2014. Т. 5. № 4(22). С. 171–182.
6. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям. М. Эдиториал УРСС. 2002. 352 с.
7. Терехов А.Н., Кудинов А.М., Комаров С.Н. Подход к построению распределенных информационных систем для крупных образовательных структур и организаций // Всероссийская научно-методическая конференция «Телематика-2003»:труды. СПб. 2003.
8. Allan R. Survey of Agent Based Modelling and Simulation Tools / Computational Science and Engineering Department, Version 1.1 STFC Daresbury Laboratory, Daresbury, Warrington WA4 4AD [Электронный ресурс] / <http://www.grids.ac.uk/Complex/ABMS/>
9. An XML-Based File Format for Archival Storage of Analytical Instrument Data / URL: <http://www.gaml.org/Documentation/XML%20Analytical%20Archive%20Format.pdf>
10. Crooks A.T., Christian J.E. Castle The Integration of Agent-Based Modelling and Geographical Information for Geospatial Simulation / URL: <http://www.academia.edu/2664292/>
11. EVE - a web-based agent platform / URL: <http://eve.almende.com/>
12. GAMA - Agent-based, spatially explicit, modeling and simulation platform URL: <https://code.google.com/p/gama-platform>
13. García-Magariño I. Towards the integration of the agent-oriented modeling diversity with a powertype-based language / Computer Standards & Interfaces, Volume 36, Issue 6, November 2014, P. 941-952.
14. Håkansson A., Hartung R.L. An Infrastructure for Individualised and Intelligent Decision-making and Negotiation in Cyber-physical Systems. KES 2014. Pp. 822-831.
15. Håkansson A., Hartung R.L. Calculating optimal decision using Meta-level agents for Multi-Agents in Networks
16. Hartung R.L., A. Håkansson A. Using Meta-agents to Reason with Multiple Ontologies. KES-AMSTA 2008. Pp. 261-270.
17. Hopkinson K., Xiaoru W., Giovanini R., Thorp J. EPOCHS: a platform for agent-based electric power and communication simulation built from commercial off-the-shelf components/ Power Systems, IEEE Transactions on, Volume:21 Issue:2.

18. Lynch S.C. Using meta-agents to build MAS platforms and middleware // In Proceedings of the 3rd International Conference on Agents and Artificial Intelligence, (ICAART 2011). 2011. Rome. Italy. Pp. 385-388.
19. Mocci S., Natale N., Pilo F., Ruggeri S. Demand side integration in LV smart grids with multi-agent control system / Electric Power Systems Research / Volume 125. August 2015. Pp. 23–33.
20. Paschke A., Boley H. Rule Responder: Rule-based Agents for the Semantic-Pragmatic Web // International Journal on Artificial Intelligence Tools, 20(6). 2011. Pp.1043-1081.
21. Raia V., Robinson Scott A. Agent-based modeling of energy technology adoption: Empirical integration of social, behavioral, economic, and environmental factors. / Rai, Varun; Robinson, Scott A. In: Environmental Modelling and Software, Vol. 70, 01.08.2015, Pp. 163-177.
22. Reppenning A., Sullivan J. The Pragmatic Web: Agent-Based Multimodal Web Interaction with no Browser // In Proceedings of the 9th International Conference on Human-Computer Interaction (Sept.). Zurich, Switzerland, P.212–219.
23. Ricci A. Integrating Heterogeneous Agent Programming Platforms within Artifact-Based Environments // Proceedings of the 7th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems - (AAMAS 2008). Vol. 1. Pp. 225-232.

UDK 519.682.6: 620.9: 004.89

**CONCEPTUAL MODELING OF ENERGY SYSTEMS THROUGH
THE INTEGRATION OF AGENT-BASED PLATFORMS**

Skripkin Sergei K.

PhD, Laboratory "Information Technology in Energetics"

Melentiev Energy Systems Institute

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

130, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: sks@isem.irk.ru

Annotation. There are various agent-based platforms, each of which provides its own arsenal of features, but their implementation lacks the flexibility to allow developers to adapt them to the needs of individual applications. In this paper, we study variations in the design of the core middleware, based on a semiotic meta-agents that can be used to extend the functionality of an integrated agent-based platforms for simulation of energy systems.

Keywords: conceptual modeling, metamodeling, agent-based platform, integration of agent-based platforms, energy system.

References

1. Davydov A.A. O komp'yutacionnoj teorii social'nyh agentov [About computational theory of social agents] // «SOCIS» . №2. 2006 (in Russian)
2. Karpov Ju. G. Imitacionnoe modelirovanie sistem. Vvedenie v modelirovanie s AnyLogic 5 [Simulation of systems. Introduction to modeling with AnyLogic 5] // SPb. BHV-Peterburg. 2006. 400 p.(in Russian)