

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>
Выпуск 6 (25) 2014 ноябрь – декабрь <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-6-14>
URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/76EVN614.pdf>
DOI: 10.15862/76EVN614 (<http://dx.doi.org/10.15862/76EVN614>)

УДК 004.94

Власова Наталия Александровна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»
Россия, Йошкар-Ола¹
Доцент кафедры лесоводства и лесоустройства
Кандидат сельскохозяйственных наук
E-mail: vlasovana@volgatech.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2844-7464>

Горохов Андрей Витальевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»
Россия, Йошкар-Ола
Профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий
Доктор технических наук
Старший научный сотрудник
E-mail: gorokhovav@volgatech.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7276-8818>

Иванов Кирилл Игоревич

АНО ВПО «Межрегиональный открытый социальный институт»
Россия, Йошкар-Ола
Аспирант
E-mail: iv.kirill@bk.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4400-9475>

Интеграция концептуальных и имитационных моделей для задач исследования социально-экономических систем

¹ 424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, дом 3,
кафедра прикладной математики и информационных технологий

Аннотация. В исследовании разных периодов развития сложных систем, к которым относятся все социально-экономические системы, наиболее эффективны различные методы их моделирования. В работе предложен подход к созданию полимодельного комплекса для целей исследования региональных социально-экономических систем. Комплекс состоит из моделей трех типов: концептуальных; системно-динамических и мультиагентных. Концептуальная модель используется для интеграции остальных типов моделей и обеспечения их адекватности целям исследования. Системно-динамическая модель используется для исследования глобальных тенденций развития социально-экономической системы, определения периодов роста (или деградации) и окрестностей бифуркации. Мультиагентное моделирование применяется для исследования локальных тенденций, при этом используются соответствующие глобальному периоду развития системы алгоритмы взаимодействия агентов.

Ключевые слова: концептуальная модель; системно-динамическая модель; мультиагентная модель; онтология; функционально-целевой подход; синтез; социально-экономическая система.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Власова Н.А., Горохов А.В., Иванов К.И. Интеграция концептуальных и имитационных моделей для задач исследования социально-экономических систем // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2014. № 6
<http://naukovedenie.ru/PDF/76EVN614.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI:
10.15862/76EVN614

Введение. Социально-экономическая система характеризуется наличием большого количества разнородных элементов, разнообразием связей, динамичностью, т.е. представляет собой сложную вероятностную динамическую систему. Главным инструментом изучения и управления сложными системами является моделирование. При всем многообразии методов, использование только какого-либо одного из них затрудняет получение практически значимых результатов. В связи с этим в последнее десятилетие наблюдается тенденция к интеграции различных методов моделирования сложных систем.

В статье представлен краткий обзор современных методов и информационных технологий, применяемых для разработки моделей сложных систем, предложен подход к созданию полимодельного комплекса для целей исследования региональных социально-экономических систем.

Цель работы: создание инструмента для исследования социально-экономических систем.

Решаемые задачи: разработка методов и информационных технологий интеграции концептуальных и имитационных моделей сложных систем.

Метод системной динамики. Данный метод является одним из наиболее мощных инструментов, используемых в настоящее время для анализа и проектирования сложных систем, включающих большое количество взаимодействующих петель обратной связи. Модели системной динамики представляют собой интеграции потоков (денежных, продукции, людских и т.п.) и реализуется в виде дифференциальных уравнений балансового типа. Такой подход позволяет свести динамику сколь угодно сложного процесса к изменению значений некоторых «уровней», а сами изменения регулировать потоками, наполняющими или исчерпывающими уровни (первый принцип системной динамики Дж. Форрестера [1]). Подобно всем мощным средствам, существенно зависящим от искусства их применения, системная динамика способна дать как очень хорошие, так и очень плохие результаты. Она может либо пролить свет на решение проблемы, либо ввести в заблуждение. Поэтому для принятия решений на основании результатов динамического моделирования важно ясно представлять смысл вводимых допущений, сильные и слабые стороны метода, его преимущества и тонкости.

Системная динамика направлена на изучение не систем в целом, а задач, связанных с этими системами. Главными особенностями таких систем является то, что они содержат петли обратной связи, а также их структура характеризуется задержками, нелинейностью, что приводит к переменчивости причин сложного поведения.

Системная динамика дает возможность исследователю экспериментировать с системами (существующими или предполагаемыми) в тех случаях, когда делать это на реальном объекте практически невозможно или нецелесообразно ввиду больших материальных затрат, что актуально для исследования социально-экономических систем [2, 3, 4].

Мультиагентные технологии. В настоящее время в рамках общего научного направления «искусственный интеллект» активно ведутся исследования под объединенным названием «многоагентные системы» или «мультиагентные системы» (МАС) [5].

Технология многоагентных систем – это новая парадигма информационной технологии, ориентированной на совместное использование научных и технических достижений и преимуществ, которые дают идеи и методы искусственного интеллекта, современные локальные и глобальные компьютерные сети, распределенные базы данных и распределенные вычисления. Принципиальным отличием новой парадигмы построения прикладных систем

является то, что в ней определяющим являются данные (факты), которые указывают направление вычислений.

Агент – это развитие известного понятия «объект», представляющего абстракцию множества экземпляров предметов реального мира, имеющих одни и те же свойства и правила поведения. Точное определение агента на сегодняшний день отсутствует. В основном используется определение, принятое на конференции международной ассоциации по лингвистике FIRA (Federation of Intelligent Physical Agents) в октябре 1996 года в Токио: «Агент – это сущность, которая находится в некоторой среде, интерпретирует их и исполняет команды, воздействующие на среду». Агент может содержать программные и аппаратные компоненты. Отсутствие четкого определения мира агентов и присутствие большого количества атрибутов, с ним связанных, а также существование большого разнообразия примеров агентов говорят о том, что агенты – это достаточно общая технология, которая аккумулирует в себе несколько различных областей. «Агент – это программный модуль, способный выполнять определенные ему функции или функции другого агента (человека, чьи функции он воспроизводит)» [5].

В многоагентной системе агенты имеют несколько важных характеристик [6]:

- автономность: агенты, хотя бы частично, независимы;
- ограниченность представления: ни у одного из агентов нет представления о всей системе, или система слишком сложна, чтобы знание о ней имело практическое применение для агента;
- децентрализация: нет агентов, управляющих всей системой.

Интеллектуальные агенты, обладая развитым внутренним представлением внешней среды и возможностями рассуждений, способны запоминать и анализировать различные ситуации, предвидеть возможные реакции на свои действия, делать из этого выводы, полезные для дальнейших действий, и в результате прогнозировать свое будущее и изменения внешней среды. Интеллектуальные способности позволяют таким агентам строить виртуальные миры, работая в которых, они формируют планы действий.

Основными направлениями развития мультиагентных технологий является создание открытых активных, развивающихся систем, в которых главное внимание уделяется процессу взаимодействия агентов как причине возникновения системы с новыми качествами, а также многоагентные системы могут строиться по принципам распределенного интеллекта как объединение отдельных интеллектуальных систем, обладающих своими базами знаний и средствами рассуждений.

В результате взаимодействий между агентами формируется (возникает) структура сложных систем. Системы с возникающими структурами часто существуют на грани порядка и хаоса. Применение онтологий позволяет снизить неопределенность в таких системах.

Онтология. Онтология - это одна из современных информационных технологий, представляющая собой разновидность сетевой модели знаний.

В онтологии выделяют три взаимосвязанных компонента: таксономию терминов, описания смысла терминов, а также правила их использования и обработки [7].

Онтологическая модель может быть использована для структурирования, описания и анализа проблемной ситуации в социально-экономических системах [8].

Функционально-целевой подход к разработке концептуальной модели сложной системы. Функционально-целевой подход предложен в начале 1980-х годов [9] для решения проблем управления сложными распределенными объектами. Исходная посылка функционально-целевого подхода – решение проблем через формирование системы целей. Цель достигнута, если решена соответствующая задача. Решение задач обеспечивается соответствующими функциями синтезируемой системы. Функционально-целевой подход обеспечивает структурный синтез систем, функции которых (т.е. поведение системы) обеспечивают решение соответствующих задач. Методами функционально-целевого подхода синтезируется концептуальная модель предметной области в виде многоуровневой древовидной системы целей. В функционально-целевом подходе эта иерархия целей используется не только как обычное средство наглядного структурного описания, но и как инструмент структурно-алгоритмического проектирования системы, обеспечивающей учет особенностей структуры целевой предметной области.

Таким образом, функционально-целевой подход дает соответствие между целями различных уровней концептуальной модели по следующему принципу: каждой цели соответствуют функция, обеспечивающая достижение этой цели. Эти функции в свою очередь являются целями, достигаемыми на следующем, более низком уровне иерархии модели.

Онтология в полной мере может выполнять функции концептуальной модели для неперцептивного синтеза динамических моделей. Для этого необходимо решить следующие задачи: выделить древовидную структуру концептов, соответствующих цели имитационного моделирования; сопоставить элементам нижнего уровня дерева концептов типовые шаблоны; задать отображения атрибутов концептов в переменные шаблонов и реализацию, таким образом, экземпляров; задать отображения отношений онтологии в материальные и информационные связи экземпляров [10].

Взаимодействие системно-динамической и мультиагентной моделей.

Для исследования различных периодов развития социально-экономических целесообразно использовать различные методы имитационного моделирования, поэтому необходима их интеграция. Для этих целей предлагается использовать древовидную концептуальную модель, созданную с помощью функционально-целевого подхода. В результате реализации функционально-целевого подхода мы получаем два дерева: дерево объектов и дерево целей (G) (рис.1). Дерево объектов используется для синтеза системно-динамической модели, а дерево целей используется для синтеза мультиагентной модели. Декомпозиция выполняется до тех пор, пока не достигнут уровень «примитивных» целей, реализуемых агентами с простыми алгоритмами (A_n). Достижение примитивных целей в этом случае обеспечивает достижение глобальной цели исследуемой системы.

Полученные модели взаимодействуют следующим образом. Системно-динамическая модель дает прогноз тенденций развития системы, в зависимости от которого «включаются» те или иные алгоритмы агентов (рис.1).

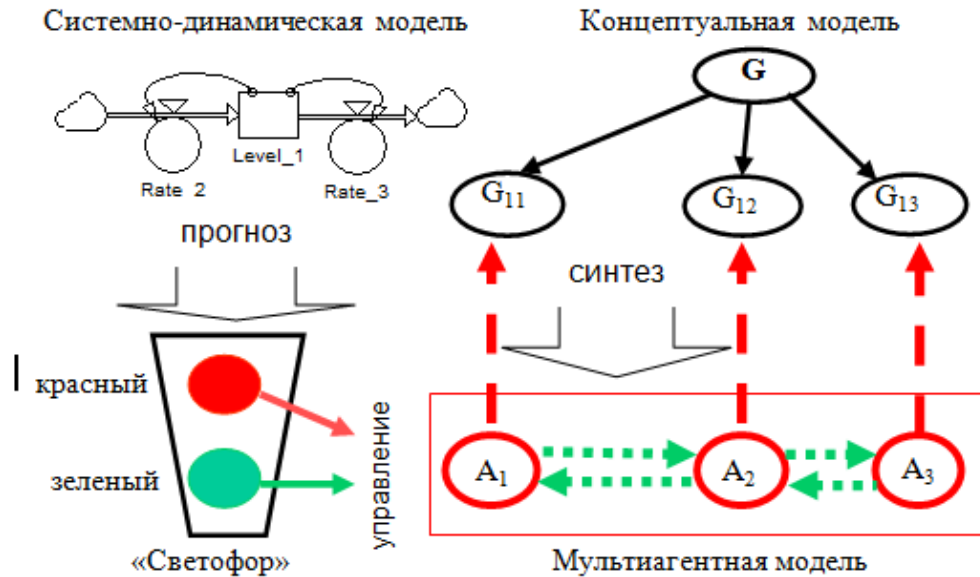


Рис. 1. Взаимодействие системно-динамической и мультиагентной моделей

Предположим, исследования системно-динамической модели сложного объекта управления показывают, что объект входит в окрестности бифуркации (красный свет «светофора» на рис.1). При этом агенты перестают «замечать» друг друга (блокируются алгоритмы переговоров между агентами) и «видят» только свои цели. В результате все действия агентов обусловлены только соответствующими целями, что обеспечивает безусловное достижение глобальной цели системы (в соответствии с функционально-целевым подходом). Понятно, что в данном случае управление будет менее эффективным с точки зрения рационального использования ресурсов, но в окрестностях бифуркации это вполне целесообразно, так как резко повышается вероятность «потери» глобальной цели.

В случае стабильного периода развития объекта управления (тенденции развития дают исследования системно-динамической модели) включается «зеленый свет» (рис.1). При этом агенты «помнят» о своих целях, но возможны компромиссы в пользу горизонтальных связей (актуализируются алгоритмы переговоров). Управление в этом случае становится более эффективным с точки зрения использования ресурсов.

Таким образом, для моделирования и управления сложной системой мы имеем комплекс моделей, состоящий из концептуальной модели, системно-динамической и мультиагентной моделей.

Выводы. Предложенный способ интеграции моделей различных типов позволяет использовать каждый тип моделей в те периоды развития сложной системы, когда он наиболее эффективен. Структура полученного комплекса моделей состоит из информационных и управляющих связей. Применение функционально-целевого подхода обеспечивает соответствие структурно-алгоритмической организации комплекса целям исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Форрестер, Дж. Основы кибернетики предприятий (Индустриальная динамика) / Дж. Форрестер. - М.: Прогресс, 1971.- 229 с.
2. Sterman, J. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World / J. Sterman. - Irwin McGraw-Hill, 2000. - 982 p.
3. Лычкина, Н. Н. [Динамическое имитационное моделирование развития социальноэкономических систем и его применение в информационно-аналитических решениях для стратегического управления](#) / Н. Н. Лычкина // [Стратегии бизнеса](#).- 2013. -№ 2 (2). - С. 44-49.
4. Горохов, А. В. Системный подход в исследовании социально-экономических систем / А. В. Горохов, К. И. Иванов // Вестник ПГТУ. Сер. Экономика и управление. - 2013-№ 2(18). - С. 24-34.
5. Поспелов, Д. А. Многоагентные системы – настоящее и будущее / Д. А. Поспелов // Информационные технологии и вычислительные системы. - 1998. - № 1.- С. 14-21.
6. Wooldridge, M. An Introduction to Multiagent Systems / M. Wooldridge. - John Wiley & Sons Ltd, 2002. - 366 p.
7. Башмаков, А. И. Интеллектуальные информационные технологии: учеб. пособие / А. И. Башмаков, И. А. Башмаков И. А. – М.: Изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 2005. – 304 с.
8. Ханова, А. А. Системные взаимосвязи стратегического управления и моделирования социально-экономических систем на основе сбалансированной системы показателей / А.А. Ханова, А.С. Хортонен ,Л.В. Парамзина // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика . 2014. №2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/sistemnye-vzaimosvyazi-strategicheskogo-upravleniya-i-modelirovaniya-sotsialno-ekonomicheskikh-sistem-na-osnove-sbalansirovannoy> (дата обращения: 06.10.2014).
9. Игнатьев, М. Б. Модели и системы управления комплексными экспериментальными исследованиями / М. Б. Игнатьев, В. А. Путилов, Г. Я. Смольков. - М.: Наука, 1986. - 232 с.
10. Горохов, А. В. Синтез системно-динамических моделей социально-экономических систем на основе онтологических описаний / А. В. Горохов, Н. А. Власова, К. И. Иванов // Вестник ПГТУ. Сер: Экономика и управление. - 2013. - № 3 (19). – С.17-23.

Vlasova Natalia Alexandrovna

Volga State University of Technology
Russia, Yoshkar-Ola

E-mail: vlasovana@volgatech.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2844-7464>

Gorokhov Andrey Vitalievich

Volga State University of Technology
Russia, Yoshkar-Ola

E-mail: gorokhovav@volgatech.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7276-8818>

Ivanov Kirill Igorevich

Interregional Open Social Institute
Russia, Yoshkar-Ola

E-mail: iv.kirill@bk.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4400-9475>

Integration of conceptual and simulation models for research into social and economic systems

Abstract. Various methods of modeling are needed for studying different stages of complex systems evolution. One of these systems is social and economic. Approach for creating a poly-model complex is presented in this paper. This complex consists of three model types: conceptual, system dynamics and multi-agent. The conceptual model is used for integration types of models mentioned above and to provide their adequacy to the aim of research. The system dynamics model is used for researching global trends of social and economic system evolution. It helps determine the periods of their growth (or degradation) and a bifurcation area. Multi-agent modeling is used for studying local trends. For all these algorithms of correlation between the agents, which are corresponding with the global period of system evolution, is used.

Keywords: conceptual model; system dynamics model; multi-agent model; ontology; functional purposive approach; synthesis; social and economic system, region.

REFERENCES

1. Forrester, Dzh. Osnovy kibernetiki predpriyatiy (Industrial'naya dinamika) / Dzh. Forrester. - M.: Progress, 1971.- 229 s.
2. Sterman, J. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World / J. Sterman. - Irwin McGraw-Hill, 2000. - 982 p.
3. Lychkina, N. N. Dinamicheskoe imitatsionnoe modelirovanie razvitiya sotsial'noekonomicheskikh sistem i ego primeneniye v informatsionno-analiticheskikh resheniyakh dlya strategicheskogo upravleniya / N. N. Lychkina // Strategii biznesa.- 2013. -№ 2 (2). - S. 44-49.
4. Gorokhov, A. V. Sistemnyy podkhod v issledovanii sotsial'no-ekonomicheskikh sistem / A. V. Gorokhov, K. I. Ivanov // Vestnik PGTU. Ser. Ekonomika i upravlenie. - 2013-№ 2(18). - S. 24-34.
5. Pospelov, D. A. Mnogoagentnye sistemy – nastoyashchee i budushchee / D. A. Pospelov // Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy. - 1998. - № 1.- S. 14-21.
6. Wooldridge, M. An Introduction to Multiagent Systems / M. Wooldridge. - John Wiley & Sons Ltd, 2002. - 366 p.
7. Bashmakov, A. I. Intel'ktual'nye informatsionnye tekhnologii: ucheb. posobie / A. I. Bashmakov, I. A. Bashmakov I. A. – M.: Izd-vo MGTU im N. E. Bauman, 2005. – 304 s.
8. Khanova, A. A. Sistemnye vzaimosvyazi strategicheskogo upravleniya i modelirovaniya sotsial'no-ekonomicheskikh sistem na osnove sbalansirovannoy sistemy pokazateley / A.A. Khanova, A.S. Khortonen ,L.V. Paramzina // Vestnik AGTU. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika . 2014. №2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/sistemnye-vzaimosvyazi-strategicheskogo-upravleniya-i-modelirovaniya-sotsialno-ekonomicheskikh-sistem-na-osnove-sbalansirovannoy> (data obrashcheniya: 06.10.2014).
9. Ignat'ev, M. B. Modeli i sistemy upravleniya kompleksnymi eksperimental'nymi issledovaniyami / M. B. Ignat'ev, V. A. Putilov, G. Ya. Smol'kov. - M.: Nauka, 1986. - 232 s.
10. Gorokhov, A. V. Sintez sistemno-dinamicheskikh modeley sotsial'no-ekonomicheskikh sistem na osnove ontologicheskikh opisaniy / A. V. Gorokhov, N. A. Vlasova, K. I. Ivanov // Vestnik PGTU. Ser: Ekonomika i upravlenie. - 2013. - № 3 (19). – S.17-23.