

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пермское отделение Научного совета РАН
по методологии искусственного интеллекта

Пермский государственный национальный исследовательский университет

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет

Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера

*ПОСВЯЩАЕТСЯ 100-ЛЕТИЮ
ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА*

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ XXI ВЕКА

Сборник статей по материалам
Всероссийской научно-практической конференции
(г. Пермь, 18–19 мая 2016 г.)



Пермь 2016

УДК 004.8: 3
ББК 32.813 + 6/8
И 86

Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века: сб. ст. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. (г. Пермь, 17–19 мая 2016 г.) / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2016. – 211 с.

ISBN 978-5-7944-2718-9

В сборнике представлены материалы Всероссийской научно-практической конференции «Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века», которая проводилась 17–19 мая 2016 г. в г. Пермь в рамках форума «Математика и глобальные вызовы XXI века», посвященного 100-летию Пермского университета.

Сборник предназначен для научных и педагогических работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов, всех, кто интересуется проблемами и перспективами развития и применения методов искусственного интеллекта.

УДК 004.8: 3
ББК 32.813 + 6/8

Редакционная коллегия:

Гладкий Сергей Леонидович, кандидат физико-математических наук
Гусев Андрей Леонидович, доктор технических наук
Думлер Андрей Артурович, кандидат медицинских наук
Кузнецов Андрей Геннадьевич, кандидат технических наук
Минаева Наталия Витальевна, доктор медицинских наук
Пенский Олег Геннадьевич, доктор технических наук
Русаков Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук
Сичинава Зураби Иродиевич, кандидат технических наук

Ответственный редактор:

Ясницкий Леонид Нахимович, доктор технических наук

Сборник подготовлен при финансовой поддержке РФФИ: грант № 16-01-00164

Статьи публикуются в авторской редакции, авторы несут ответственность за содержание статей, за достоверность приведенных в статье фактов, цитат, статистических и иных данных, имен, названий и прочих сведений

ISBN 978-5-7944-2718-9

© ПГНИУ, 2016

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ ИМИТАЦИИ³
(ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД)**

Миков А.И.¹, Замятина Е.Б.²

¹Кубанский государственный университет,
350040, Россия, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, alexander_mikov@mail.ru

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
614070, Россия, г. Пермь, ул. Студенческая, 38, ezamyatina@hse.ru

В работе рассматриваются проблемы, связанные с разработкой систем имитационного моделирования, а именно, с проблемами повышения эффективности этих программных систем, их гибкой настройки на конкретную предметную область. Известно, что имитационное моделирование является мощным средством исследования объектов (процессов, ситуаций) и представляет собой последовательность этапов: разработку имитационной модели, ее валидацию, верификацию, выполнение имитационного эксперимента, анализ результатов моделирования. При автоматизации каждого из этих этапов в системе имитационного моделирования Triad.Net авторы используют технологии и подходы, основанные на методах искусственного интеллекта. Проведенные исследования показали эффективность принятых решений.

Ключевые слова: имитационное моделирование, искусственный интеллект, онтологии, мультиагентные технологии, интеллектуальные агенты, методы Data Mining.

В настоящее время имитационное моделирование (ИМ) является часто используемым методом исследования (зачастую единственным) в различных областях: в бизнесе, в производстве, в экономике, науки и т.д. Для разработки имитационных моделей, проведения имитационных экспериментов и анализа результатов моделирования используют специально разработанные программные средства – системы имитационного моделирования (СИМ).

Объектом исследования ИМ обычно являются сложные системы, в этом случае для проведения исследований требуется *большое количество вычислительных ресурсов* для того, чтобы эксперимент мог быть завершен за *приемлемое время* [1].

Разработка имитационных моделей требует от пользователей СИМ значительных усилий. Большинство пользователей являются специалистами в конкретной предметной области и не обладают искусством программирования. По этой причине к СИМ предъявляются требования наличия *удобного и понятного пользователям интерфейса*.

Полезным свойством СИМ является возможность настройки интерфейса на *конкретную предметную область*. Пользователи должны иметь возможность работать в программной среде в привычных для них терминах, оперируя конструкциями языка моделирования (в том числе и визуального) [2].

³ Публикация подготовлена при финансовой поддержке РФФИ: грант № 16-47-230336.
© Миков А.И., Замятина Е.Б., 2016

Задачей модельера – построить наиболее «адекватную» модель, которая позволяет рассмотреть достаточно подробно и детально. Адекватную модель можно получить, используя *многомодельный* подход [3], преобразовывая одну модель в другую в ходе исследований.

В результате имитационного эксперимента пользователь зачастую получает большое количество неструктурированных данных. Следовательно, имеет смысл обеспечить СИМ программными средствами дополнительной обработки данных с тем, чтобы можно было сделать дополнительные выводы о результатах моделирования и выработать рекомендации для принятия наиболее целесообразного решения.

Итак, СИМ должна располагать:

- гибкими программными и языковыми средствами создания ИМ;
- программными и языковыми средствами для оптимизации имитационного эксперимента по времени;
- программными и языковыми средствами сбора и обработки данных, получаемых в результате имитационного эксперимента.

На кафедре математического обеспечения вычислительных систем Пермского университета еще в 80-ые годы прошлого века была разработана СИМ TRIAD [4], она была предназначена для проектирования и моделирования вычислительных систем.

Для создания имитационной модели, сбора и обработки информации о модели во время имитационного эксперимента разработаны языковые и программные средства, которые позволяют легко строить имитационные модели вычислительных систем. В настоящее время СИМ TRIAD адаптирована для выполнения исследований компьютерных сетей [5] (TRIADNS). При разработке программного обеспечения активно используются методы искусственного интеллекта, а именно, онтологический подход и мультиагентные технологии. Результаты исследований прошли апробацию на различных всероссийских и международных конференциях.

Разработку имитационной модели в TRIADNS можно выполнить как с помощью текстового (описание модели на языке Triad), так и графического редакторов (использование визуального языка для построения модели). Модель представлена тремя слоями: слоем структур – описывает структуру моделируемого объекта (представлена графом), слоем рутин – описывает поведение моделируемого объекта и слоем сообщений – представляет структуру сообщения, которыми обмениваются элементы слоя структур. у

СИМ TRIAD позволяет настраиваться на предметную область. Быстрая настройка на предметную область выполняется, благодаря разработанным онтологиям. Известно, что онтология – это описание типов сущностей предметной области, их свойств и отношений. Каждая предметная область (некая часть реального мира) может быть описана с помощью онтологий. Онтологии создаются и используются во множестве областей знаний, в том числе, известны примеры их успешного применения в имитационном моделировании. Примерами использования онтологий моделирования могут служить управляемые онтологиями среды моделирования, а также подходы к объединению различных федератов, разрабатываемые для High Level Architecture (HLA)[1]. Подход, разрабатываемый для HLA, использует онтологии для описания требований, которым должны удовлетворять интерфейсы федератов для успешного взаимодействия в федерации, а так же для разработки этих требований с учетом

знаний о моделируемой предметной области. Для настройки на предметную область в TRIADNS в качестве метамодели используют онтологии: базовая (мета метамодель) (рис.1), онтология для построения компьютерных сетей в виде графа, онтология для описания модели в терминах сети Петри, и для описания модели в виде системы массового обслуживания СМО. В настоящее время разрабатываются инструментальные средства для преобразования моделей, описанных на одном визуальном языке, в модель, описанную на другом визуальном языке. Например, компьютерная сеть может быть описана графом, соответственно могут быть изучены структурные характеристики графа (диаметр, степени вершин и т.д.). Эта же сеть может быть представлена сетью Петри и с помощью сети Петри можно определить, например, ее надежность. Доопределение модели предполагает, что на начальных этапах моделирования пользователь может определить модель достаточно «грубо», не описывая подробно поведение конкретного устройства, например, рабочей станции компьютерной сети, а заменяет его описанием подобного устройства, найденного с использованием базовой онтологии в специальной библиотеке или в Интернете.

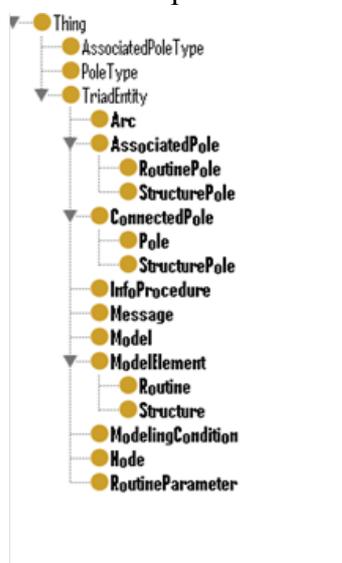


Рис. 1. Базовая онтология в TRIADNS

Поскольку СИМ имеет дело со сложными задачами, очень важно, чтобы выполнение имитационного эксперимента могло быть выполнено с использованием ресурсов нескольких вычислительных узлов. В этом случае пользователь имеет дело с распределенной имитационной моделью, которая представлена несколькими логическими процессами, каждый из которых выполняется на отдельном вычислительном узле и взаимодействует с другими процессами посылкой сообщений. Взаимодействующими процессами, выполняющимися на различных вычислительных узлах, управляет алгоритм синхронизации. Существуют классические алгоритмы: консервативный и оптимистический[1]. При реализации оптимистического алгоритма синхронизации в Triad.Net были использованы *знания о модели*. Сама природа модели содержит не только зависимости между объектами по времени, которую традиционно используют алгоритмы, но и зависимость (*событие, состояние*) \rightarrow *событие*. Проблема алгоритма состоит в том, что необходимо на каждом шаге определить, является ли обработка следующего локального события безопасной, т.е можно ли гарантировать отсутствие отката. Анализ текущей последовательности событий (в рамках одного прогона) или результаты

предыдущих выполнений системы, а также, знания эксперта позволяют выявить зависимости между событиями и, следовательно, определить безопасное событие. Наиболее адекватным решением является применение продукционной экспертной системы. Нельзя целиком полагаться на знания пользователя, необходимо уметь генерировать продукционные правила автоматически: в ходе статического анализа кода модели перед выполнением, а так же в ходе выполнения: при откатах создавать правила, предотвращающие появление откатов в будущем. Если мы обработали событие покупки билета вторым клиентом (E2), а затем произошел откат из-за события покупки билета первым клиентом (E1), в системе генерируется связь ($E1 \rightarrow E2$).

Моделирование проводилось на кластере, с использованием нескольких простых моделей. На рис.2. приведены результаты экспериментов – определены количество откатов для классического оптимистического и алгоритма, основанного на знаниях о модели (чем меньше откатов, тем более эффективным является алгоритм синхронизации). График свидетельствует о снижении количества откатов в алгоритме TriadRule.

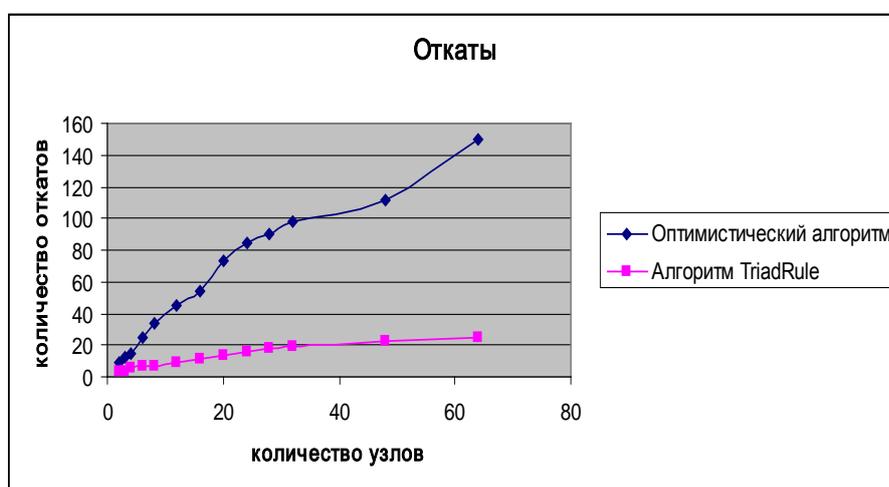


Рис. 2. Количество откатов в оптимистическом алгоритме TriadRule, основанном на знаниях о модели

Вторым ресурсом оптимизации распределенного имитационного эксперимента по времени является балансировка загрузки вычислительных узлов. Алгоритм балансировки в TRIADNS также основан на знаниях о модели. Реализация алгоритма была выполнена с использованием мультиагентных технологий. Алгоритм TriadBalance является децентрализованным. Исследования показали, что и в этом случае использование знаний о конкретной модели и об особенностях ее функционирования дают значительный выигрыш во времени при выполнении имитационного эксперимента[6].

Одним из этапов разработки имитационной модели является ее отладка, отладка ИМ в TRIADNS использует агентов, которые пытаются локализовать ошибку, руководствуясь построенной онтологией ошибок.

Сбор, обработка и интерпретация результатов моделирования выполняется с использованием алгоритма исследования, который реализуется набором информационных процедур и условий моделирования. Информационные процедуры следят за изменением переменных, выполнением событий, приемом входных сообщений имитационных моделей во время ими-

тационного эксперимента. Условия моделирования задают алгоритм исследования в соответствии с критериями моделирования. Алгоритм исследования и языковые конструкции языка Triad позволили удачно использовать методы Data Mining при интерпретации результатов моделирования (временные ряды, кластеризация, секвенциальный анализ)[7].

Итак, многолетние исследования показали, что использование методов искусственного интеллекта при разработке СИМ позволяют создать гибкие, адаптируемые и эффективные инструментальные средства

Библиографический список

1. *Fujimoto R.M.* Distributed Simulation Systems. In Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference S. Chick, P. J. Sánchez, D. Ferrin, and D. J. Morrice, eds. The 2003 Winter Simulation Conference 7–10 December 2003. The Fairmont New Orleans, New Orleans, LA. P. 124–134.
2. *Замятина Е.Б., Миков А.И.* Программные средства системы имитации Triad.Net для обеспечения ее адаптируемости и открытости. Информатизация и связь. 2012. № 5. С. 130–133.
3. *Соколов Б.В., Юсупов Р.М.* “Концептуальные основы квалиметрии моделей и полимодельных комплексов” // Имитационное моделирование, Теория и практика: сб. докл. 2-й всерос. науч.-практ. конф. ИММОД–2005, Т. 1. СПб: ЦНИИТС, 2005, С. 65–70.
4. *Mikov A.I.* Formal Method for Design of Dynamic Objects and Its Implementation in CAD Systems // Gero J.S. and F.Sudweeks F.(eds), Advances in Formal Design Methods for CAD, Preprints of the IFIP WG 5.2 Workshop on Formal Design Methods for Computer-Aided Design, Mexico, Mexico, 1995. pp.105-127.
5. *Mikov A., Zamyatina E.* Program Tools and Language for Networks Simulation and Analysis. /Mikov A./Proceedings SDN & NFV – The Next Generation of Computational Infrastructure: 2014 International Science and Technology Conference «Modern Networking Technologies (MoNeTec)» October 27-29, 2014 Lomonosov Moscow State University pp. 94-102
6. *Mikov A., Zamyatina E., Kozlov A. Ermakov S.* Some Problems of the Simulation Model Efficiency and Flexibility. Proceedings of «2013 8th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation EUROSIM 2013», Cardiff, Wales, United Kingdom, 10–13 of September. P .532–538.
7. *Kolevator G.A., Zamyatina E.B.* Simulation Analysis Framework Based on Triad.Net. Proceedings of the 6-th Spring/Summer Young Reseachers’ Colloquium on Software Engineering. SYRCoSE 2012, Perm, May 30-31, 2012-Perm, Russia, pp.160-163.

THE EXPERIENCE OF THE SIMULATION SYSTEM DEVELOPMENT USING THE METHODS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Mikov Alexander I.¹, Zamyatina Elena B.²

¹Kuban State University, 149, Stavropolskaya str., Krasnodar,

Russia, 350040, alexander_mikov@mail.ru

²National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya, Perm,
Russia, 614070, ezamyatina@hse.ru

The paper deals with the problems associated with the development of simulation systems, namely, the problems of the increasing of the efficiency of these software systems and flexible adjustment to a specific domain. It is well known that simulation is a powerful tool for the study of objects (processes, situations), and it may be present as a sequence of phases: development of a simulation model, its validation, verification, execution of simulation experiment, the analysis of simulation results. When you automate each of these stages in the simulation system Triad.Net The authors attempted to automate each of these phases using the technologies and approaches based on artificial intelligence techniques. Studies have shown the effectiveness of the accepted decisions.

Key words: simulation, artificial intelligence, ontologies, multiagent technologies, intellectual agents, methods of Data Mining.

УДК 531.57

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕМПЕРАМЕНТА РОБОТА И ЧЕЛОВЕКА (ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД)

Пенский О.Г. Михайлов В.О.

ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
614990 г.Пермь, Россия, ул.Букирева, д.15, ogpensky@mail.ru

В статье приводятся авторские определения эмоций робота и преобладающего типа темперамента. Вводится определение гармонической эмоции как частного случая эмоции робота. Приводится вывод формулы преобладающего типа темперамента, основанной на гармонической эмоции. Предлагаются диапазоны численных значений темпераментов, соответствующих преобладающим типам темперамента меланхолика, флегматика, сангвиника и холерика. Описываются алгоритмы расчета численных значений темперамента, основанные на обработке амплитуды звуковой волны, поступающей на аудиовход компьютера-робота через микрофон. Приводится краткое описание программы, позволяющей вычислять преобладающий тип темперамента человека. Даны результаты верификации математической модели темперамента, основанного на гармонической эмоции, натурными экспериментами с человеком. Проведенными экспериментами показана возможность применения математической модели темперамента робота для определения преобладающего типа темперамента человека.

Ключевые слова: робот, эмоция, гармоническая эмоция, типы темперамента, математические модели темперамента

Введение

В настоящее время рынок робототехники растет быстрыми темпами. Так согласно прогнозам только в Японии в 2016 году капиталовложения в роботостроение составят 10 млрд. долларов [1]. На этом рынке значительную часть будут занимать роботы-гуманоиды с психологическими чертами, присущими человеку. Роботы являются программируемыми