

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Соховой Заремы Борисовны
«Исследование методов поиска решений в агент-ориентированных
системах», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы диссертационной работы

В современной науке для изучения сложных систем, построенных на взаимодействии множества разнородных субъектов, все шире применяется одно из новых направлений в компьютерном моделировании – агентный подход. Агент-ориентированное моделирование, является мощным вычислительным инструментом, который используется для решения задач в теории управления, экономике, социологии, политики, биологии. Успехи данного подхода в исследовании сложных систем вызывают дополнительный интерес к этой новой технологии. Разработано множество моделей, которые имеют разное теоретическое содержание и объясняют широкий круг явлений. За последние 30 лет исследователи направления добились значительных успехов, но, несмотря на это, в данной области есть еще множество нерешенных проблем. В диссертации Соховой З.Б. разрабатываются и исследуются новые математические и компьютерные модели взаимодействия автономных агентов в динамической среде. И на основе этих моделей изучается возможность сотрудничества агентов при наличии конкуренции.

С учетом вышесказанного тема диссертационной работы является актуальной и востребованной.

Характеристика содержания работы

Диссертационная работа соискателя состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем работы составляет 160 страниц, 67 рисунков, 8 алгоритмов на псевдокоде и 2 таблицы. Список литературы состоит из 118 наименований.

Во введении описана актуальность темы диссертационного исследования, перечисляются цели и задачи исследования, аргументируется степень новизны полученных результатов, приводится информация об апробации работы. Кроме того, дается краткое изложение содержания диссертации.

В первой главе приводятся общие принципы, идеи и направления, которые имеются в агент-ориентированных системах. Рассматриваются свойства агентов: автономность, неоднородность, рациональность, расположение в пространстве, возможность обучаться, антропоморфность, реактивность, социальность, наличие цели. Соискатель описывает различные направления, имеющиеся в агентном подходе, такие как, многоагентные системы (multi-agent system, MAS), искусственная жизнь (Artificial Life, ALife), искусственные общества (artificial societies), агент-ориентированная вычислительная экономика (Agent-based Computational Economics, ACE), теоретико-графовые модели.

Вторая глава посвящена описанию и исследованию оригинальной модели прозрачной экономики. В начале главы предложен обзор по моделям коллективного поведения агентов и обосновывается, почему такие задачи успешнее решаются в рамках агентного подхода. Далее детально описана базовая модель и четыре специализированные модели, построенные на основе базовой, которые позволяют сконцентрировать внимание на определенных сторонах исследуемого процесса взаимодействия экономических агентов: 1) модель с гибким распределением прибыли, 2) модель открытой монополии, 3) модель нечестной конкуренции и 4) модель самоорганизации автономных агентов. Подробно описана математическая модель процесса взаимодействия агентов. Соискатель предлагает новый итеративный алгоритм сотрудничества автономных агентов (агентов-инвесторов и агентов-производителей), который, в результате проведенных вычислительных экспериментов, продемонстрировал, что такое сотрудничество в конкурентном сообществе выгодно. Показано, что для проведенных контрольных расчетов итерации

сходятся. Также в данной главе исследована аналитическая модель для одного обобщенного инвестора и одного обобщенного производителя.

В третьей главе соискатель рассматривает базовую модель в эволюционном контексте. В начале главы приводится описание эволюционных методов, которые используются в агентном подходе. В данной главе построены и исследованы две эволюционные модели: 1) упрощенная эволюционная модель со степенями доверия 0 или 1 и 2) модель с непрерывными степенями доверия. Исследована роль обучения и итераций. Показано, что в модели с непрерывными степенями возникает эффект самоорганизации.

В четвертой главе автор приводит описание и результаты компьютерного моделирования для двух дополнительных моделей, которые демонстрируют поисковое поведение агентов в прикладных задачах: 1) агент-ориентированная модель рынка аренды и 2) модель кооперирующихся агентов-охранников. Разработан алгоритм распределения центром земельных участков между агентами-землепользователями. Соискателем проведены компьютерные эксперименты для исследования зависимости суммарного среднего капитала землепользователей от времени, динамики суммарной производительности для каждого агента-землепользователя, динамики заключения сделок, зависимости прибыли центра от времен. Для модели кооперирующихся агентов-охранников также построена компьютерная модель и проведены вычислительные эксперименты, которые показали, что сотрудничество агентов позволяет более эффективно выполнить поставленную задачу.

В заключении соискатель резюмирует полученные результаты.

Научная новизна и основные результаты диссертации

Основная новизна состоит в следующем:

1. Предложена и исследована оригинальная модель взаимодействия сообществ экономических агентов в прозрачной среде. Отличительные черты модели: сотрудничество, открытость информации, открытость намерений агентов, итеративный процесс принятия решений.

2. Соискателем разработан и исследован новый метод итеративного принятия решений автономными агентами. Показано, что итеративный метод обеспечивает более эффективное сотрудничество в искусственном экономическом сообществе, чем аналогичное сотрудничество без итераций.
3. Построено аналитическое приближение для понимания общей динамики основных исследуемых характеристик модели.
4. Предложен новый алгоритм обучения автономных агентов, который позволяет исследовать процессы самоорганизации в модели.

Автор формулирует шесть **основных результатов**, полученных в диссертационном исследовании. *Первый* – построенная базовая модель коллективного поведения конкурирующих автономных экономических агентов в прозрачной среде с элементами сотрудничества (ему посвящена часть главы 2 диссертации). *Второй* – результаты исследования предложенного итеративного алгоритма принятия рациональных решений автономными агентами (часть главы 2). *Третий* – результаты и анализ компьютерного моделирования для четырех специальных моделей, построенных на основе базовой модели (часть главы 2). *Четвертый* – результаты и анализ компьютерных экспериментов для модели эволюции и обучения автономных агентов (глава 3). *Пятый и шестой* результаты – разработанные и проанализированные дополнительные модели рынка аренды и поискового поведения автономных кооперирующихся агентов-охранников (глава 4).

Указанные результаты соответствуют направлениям «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений» и «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента» паспорта специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Созданные соискателем программы для ЭВМ относятся к направлениям «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента» и «Разработка систем компьютерного и

имитационного моделирования» паспорта специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Достоверность результатов работы

Основные положения, которые выносятся на защиту, являются достоверными и научно обоснованными. Разработанные модели и алгоритмы подробно описаны. Достоверность выводов подтверждается результатами численных экспериментов, проведенных с помощью разработанного соискателем программ для ЭВМ. Основные результаты диссертации докладывались автором неоднократно на конференциях и научных семинарах.

Теоретическая и практическая значимость работы

Основная теоретическая значимость состоит в том, что разработанная базовая модель может быть использована при исследовании конкуренции и сотрудничества в экономических и социальных науках, где данные категории играют важную роль и наблюдается нехватка моделей, подтверждающих выгоду сотрудничества при наличии конкуренции. Построенные и исследованные в работе алгоритмы также могут использоваться в образовательном процессе, что подтверждается полученными соискателем Актами об использовании результатов диссертации.

Практическая значимость результатов заключается в том, что предложенный итеративный метод может быть основой для построения аналогичных агент-ориентированных моделей, предназначенных для исследования особенностей взаимодействия агентов в сложных динамических системах. Разработанный программный комплекс в дальнейшем можно применить при разработке платформы для прозрачного взаимодействия производителей и инвесторов.

Публикация основных результатов диссертационного исследования

Основные результаты диссертации опубликованы в 32 работах, в том числе опубликовано 4 статьи в рецензируемых журналах из списка изданий, рекомендованных ВАК, 2 статьи в зарубежных научных периодических

изданиях, входящих в Scopus, 18 статей в трудах научных конференций (в том числе 10 – в трудах международных конференций, 4 из них в трудах профильных конференций в изданиях, входящих в список Web of Science и Scopus). Результаты докладывались на 19 конференциях: на 12 международных и на 7 всероссийских.

Замечания по работе

1. В обзорной главе 1 представлена лишь часть обзора литературы, посвященная описанию стандартных методов построения и анализа агент-ориентированных моделей. Остальные фрагменты обзора разнесены по главам. Глава 2 начинается с обзора теории и моделей коллективного поведения агентов; глава 3 – с обзора эволюционных методов в агент-ориентированном подходе; глава 4 – с описания агент-ориентированных моделей рынка аренды. Было бы логичнее главы 2-4 посвятить собственно описанию оригинальных результатов автора, а весь обзор собрать в несколько подразделов главы 1.

2. В работе (§2.2.3) сходимость итеративного процесса продемонстрирована с помощью численных экспериментов. Хотелось бы оценить возможность получения теоретических результатов для данной модели. В обзоре приведена одна статья специалистов в области оценки сходимости и устойчивости процедур сближения мнений и достижения согласованных характеристик в многоагентных системах Р.П. Агаева и П.Ю. Чеботарева. Однако есть значительное количество работ этих и других авторов, которые могли бы помочь соискателю в аналитическом исследовании модели.

Перечисленные замечания не снижают значимости полученных автором результатов.

Заключение по работе

Диссертационная работа обладает внутренним единством, выполнена на высоком научном уровне, а полученные новые научные результаты важны для дальнейшего исследования сложных динамических систем. Диссертационное исследование Соховой З.Б. «Исследование методов поиска решений в агент-ориентированных системах» является завершенной научно-

квалификационной работой, отвечающей критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней (п.9 – п.14), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г. и требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Научные публикации автора прошли апробацию на многочисленных конференциях и семинарах.

Аннотация полностью соответствует основному содержанию диссертационной работы и отвечает требованиям ВАК РФ.

Диссертант, Сохова Зарема Борисовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент: ведущий научный сотрудник, и.о. зав. лабораторией, доктор физико-математических наук, специальность: 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)



/ Жиликова Л.Ю. /

« 01 » 06 2021 г.

Подпись Жиликовой Людмилы Юрьевны заверяю:



Подпись Жиликовой Л.Ю.
ЗАВЕРЯЮ
ВЕД. ИНЖЕНЕР
ПРОЦЕССОВ
И. С.

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук

Адрес: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65

Телефон: +7 495 334-89-10

Факс: +7 495 334-93-40, +7 499 234-64-26

E-mail: dan@ipu.ru

Сайт: <https://www.ipu.ru/>