

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. Теория агентов и многоагентных систем за последнее десятилетие достигла стадии зрелости и сейчас широко применяется для изучения процессов взаимодействия, кооперации, самоорганизации, эволюции сложных, динамических систем. Эти процессы исследуются в рамках как распределенного искусственного интеллекта (Distributed Artificial Intelligence, DAI), так и децентрализованного ИИ (Decentralized Artificial Intelligence, DzAI). Центральную роль в таких процессах играют различные механизмы взаимодействия элементов и подсистем, из которых состоит исследуемая система. Диссертация Заремы Борисовны Соховой «Исследование методов поиска решений в агент-ориентированных системах» посвящена разработке новых методов взаимодействия автономных агентов в децентрализованных структурах, где нет единого общего центра. В этом русле особенно актуальны исследования, которые моделируют такие явления как сотрудничество и конкуренция. Автор, используя агентный подход, строит модели для исследования возможных взаимодействий. Таким образом, научная проблема, сформулированная в диссертации, является актуальной и важной как в теоретическом так и в практическом плане.

Характеристика содержания работы. Диссертация З.Б. Соховой состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (118 источников), списка приложений, списка сокращений и условных обозначений. Объем диссертационной работы составляет 160 страниц, включая 67 рисунков, 2 таблицы, 8 алгоритмов на псевдокоде.

Во введении описаны актуальность темы диссертационного исследования и используемые методы. Обоснованы цели, задачи, научная

новизна и практическая значимость, полученных результатов. Представлены положения, выносимые на защиту. Приведены сведения об апробации результатов исследования.

Первая глава диссертации посвящена описанию агент-ориентированных систем. В ней обосновываются основные преимущества агентных моделей, дается характеристика агентов и типов их взаимодействия. Приводится обзор работ российских и зарубежных ученых, которые положили начало появлению агент-ориентированных систем. Кратко описываются течения, которые в настоящее время развиваются в этом направлении.

Во второй главе диссертации представлены результаты исследования коллективного поведения автономных агентов в децентрализованных средах. В первом параграфе второй главы рассмотрены элементы теории и модели коллективного поведения, а также работы, близкие к теме диссертационного исследования. Далее в главе приведено описание разработанной оригинальной базовой модели поиска решений в динамической децентрализованной среде и четырех специальных моделей, которые построены на основе базовой. Здесь же выполнен анализ результатов проведенных вычислительных экспериментов на компьютере и сделаны соответствующие выводы. Следует отдельно отметить важный результат, полученный соискателем – экспериментальное подтверждение возможности сотрудничества при наличии конкуренции в искусственном сообществе, полученное на основе многочисленных вычислительных экспериментов.

В третьей главе проведено исследование эволюционных процессов в многоагентных системах. В начале главы сделан краткий обзор направления, называемого «эволюционные многоагентные системы» (EMAS–Evolutionary Multi-Agent System). Далее соискательницей изложены две основные, разработанные в ходе исследований модели – упрощенная эволюционная модель взаимодействия агентов и эволюционная модель с непрерывными степенями доверия. Примечательно, что в модели с непрерывными степенями доверия возникает эффект самоорганизации в сообществе агентов-инвесторов, заключающийся в том, что агенты-инвесторы распределяются между

агентами-производителями по небольшому числу инвесторов на каждого производителя.

В четвертой главе представлены еще две дополнительные модели, которые демонстрируют поисковое поведение агентов – модель рынка аренды и модель кооперирующихся агентов-охранников. Приведены результаты вычислительных экспериментов и дан их анализ.

В заключении содержатся основные выводы и результаты, полученные в диссертационном исследовании.

В приложениях приведены акты о внедрении и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Научная новизна основных положений и результатов диссертационного исследования. Научной новизной обладают следующие полученные соискателем **результаты:**

- разработанная и исследованная соискателем базовая модель взаимодействия экономических агентов в прозрачной среде и четыре специальные модели, построенные на основе базовой модели;
- предложенный соискателем метод итеративного принятия решений автономными агентами;
- алгоритм обучения автономных агентов для исследования процессов эволюции и самоорганизации;
- аналитическое приближение для понимания общей динамики основных исследуемых характеристик модели.

Степень обоснованности и достоверности основных положений и результатов работы. Основные положения, выносимые на защиту, являются в достаточной степени достоверными и обоснованными. Разработанные методы и алгоритмы детально описаны. Аналитические результаты, полученные для упрощенной модели взаимодействия одного обобщенного инвестора и одного обобщенного производителя, качественно согласуются с результатами, полученными в вычислительных экспериментах для базовой модели. В работе использованы методы теории сложных систем и принципы агент-ориентированного моделирования, а также методы математического и

компьютерного моделирования. Выводы, сделанные автором, являются достаточно аргументированными и логичными.

Основные положения и результаты диссертационной работы прошли апробацию в печати на профильных международных конференциях, в частности на известной коломенской международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления» и представительной международной научной конференции «Биологически инспирированные когнитивные архитектуры». На международной научной школе-семинаре им. академика С.С. Шаталина «Системное моделирование социально-экономических процессов» (Нижний Новгород, 2018) соискателем получен диплом им. Н.Я. Краснера за лучший доклад и высокий уровень результатов исследований с использованием методов математического моделирования.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанный метод может быть использован для построения аналогичных агент-ориентированных моделей, предназначенных для исследования взаимодействия автономных агентов в сложных динамических системах, и при изучении таких явлений как конкуренция и сотрудничество в социально-экономических системах.

Публикация основных результатов диссертационной работы. По теме диссертационной работы имеется 32 публикации. Из них 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). Научные публикации соответствуют основной теме исследования.

Замечания по работе. Несмотря на общую положительную оценку работы, диссертация не лишена некоторых недостатков:

1. Соискательница использует термин «прозрачная среда» и по тексту работы понятно, что это означает открытость информации для автономных агентов. Однако в отличие от, например, термина «прозрачный ящик»,

словосочетание «прозрачная среда» не является широко распространённым в научном сообществе? Было бы хорошо привести ссылки на работы, в которых ещё используется данный термин.

2. В главе 3 следовало бы расширить предварительный обзор эволюционных моделей и эволюционных многоагентных систем (ЭМАС). В частности, в него можно было бы включить такое достаточно новое направление как «эволюционирующие нечёткие и нейронечеткие системы», введенные Пламеном Ангеловым, которые представляют собой системы на основе нечётких правил, обладающие возможностью оперативной параметрической и структурной адаптации (часто в реальном времени).

3. В параграфе 2.7 приводится описание разработанной диссертанткой модели самоорганизации автономных агентов в децентрализованной среде. Не совсем понятен смысл коэффициента эффективности k_i и не отмечена область определения данного коэффициента.

4. В том же параграфе, на рис. 40, где изображен график функции эффективности, соответствующий формуле (16), желательно было бы отметить роль коэффициентов α_1 и α_2 , а также указать, при каких значениях этих коэффициентов получен данный график.

Указанные недостатки не снижают значимости полученных автором результатов и не влияют на общую оценку диссертационной работы.

Заключение по работе. Диссертационная работа З.Б. Соховой является завершённым научным исследованием, посвященным решению актуальной задачи моделирования поведения автономных агентов в сложных динамических средах. Сделанные замечания, в целом, не снижают ее положительную оценку. Автореферат раскрывает основное содержание диссертации и отвечает требованиям ВАК.

Диссертационная работа З.Б. Соховой «Исследование методов поиска решений в агент-ориентированных системах» является завершённой 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, а ее автор Сохова

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

Официальный оппонент: доцент кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства», зам. заведующего кафедрой «Компьютерные системы автоматизации производства», кандидат технических наук, доцент

/Тарасов Валерий Борисович/

«31» мая 2021 г.



ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

ОБЩЕСТВЕННАЯ ПЕЧАТЬ УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ

Тел. 8 (499) 263-60-48

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Адрес: 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5, стр.1

Телефон: +7 (499) 263-68-54

E-mail: vbulbov@yahoo.com