

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.073.04

на базе федерального государственного учреждения

«Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»

Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН) по диссертации

на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21 июня 2021 № 22

О присуждении Соховой Зареме Борисовне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование методов поиска решений в агент-ориентированных системах» по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 14 апреля 2021 г., протокол №15, диссертационным советом Д 002.073.04 на базе федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН), 119333, Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2, приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 747/нк от 22 июня 2016 г.

Соискатель Сохова Зарема Борисовна, 1979 года рождения, в 2001 году с отличием окончила Кабардино-Балкарский государственный университет по специальности «Прикладная математика» и получила квалификацию «Математик. Преподаватель». С 2003 по 2006 обучалась в заочной аспирантуре Вычислительного центра им. А.А. Дородницына РАН и сдала кандидатские экзамены по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». С 23.09.2019 по 22.03.2020 г. была прикреплена к аспирантуре Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» в качестве экстерна по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», при этом она сдала экзамен по истории и философии науки. С 01.10.2003 по 09.11.2006 работала в Институте оптико-нейронных технологий РАН в секторе «Интеллектуальные нейросистемы» на

должности младшего научного сотрудника. С 10.11.2006 по настоящее время работает в Федеральном государственном учреждении «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук» (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН), сначала в отделе нейрооптических систем Центра оптико-нейронных технологий, а затем в отделе нейроинформатики, без изменения должности.

Диссертация выполнена в отделе нейроинформатики Центра оптико-нейронных технологий ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН.

Научный руководитель - доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Редько Владимир Георгиевич.

Официальные оппоненты:

1. Жиликова Людмила Юрьевна, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, ведущий научный сотрудник, и.о. зав. лабораторией №11 «Интеллектуализации дискретных процессов и систем управления».

Отзыв оппонента положительный, имеются замечания по диссертации:

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.

2. Тарасов Валерий Борисович, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), доцент кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства», зам. заведующего кафедрой «Компьютерные системы автоматизации производства» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Отзыв оппонента положительный, имеются следующие замечания по диссертации:

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.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, в своем положительном заключении, подписанном Отмаховой Юлией Сергеевной, кандидатом экономических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории компьютерного моделирования социально-экономических процессов, ЦЭМИ РАН, указало, что «содержание диссертационной работы З.Б. Соховой соответствует паспорту специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» для технических наук по направлениям «1 – разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений», «4 – реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплекса проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента», «5 – комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента», «8 – разработка систем компьютерного и имитационного моделирования».

В отзыве ведущей организации указано, что «диссертационное исследование Соховой Заремы Борисовны «Исследование методов поиска решений в агент-ориентированных системах» является завершенной научно-квалификационной работой, отвечающей критериям Положения о присуждении 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». Автореферат диссертации адекватно отражает содержание работы».

Отзыв одобрен на заседании Лаборатории компьютерного моделирования социально-экономических процессов (1.09), протокол № 12 от 21 мая 2021 г.

Замечания:

1. Было бы полезно более полно сопоставить разработанные в диссертации модели с другими агент-ориентированными экономическими моделями. Частично в диссертации такое сопоставление имеется (в главе 1), хотя более полное сопоставление было бы полезно.

2. Результаты анализа методов обучения и итераций (раздел 3.3.3 и рис. 48 диссертации) не очень четкие, не позволяют ярко выделить преимущества обучения агентов. По-видимому, стоило бы доработать варианты моделей, чтобы более четко прояснить влияние различных факторов на изучаемые процессы.

3. Влияние обучения на эволюционные процессы (раздел 3.2 и рис. 44-46 диссертации) также можно было бы представить более ясно.

Соискатель имеет 32 опубликованные научные работы по теме диссертации, 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). Также получено свидетельство о регистрации программы для электронных вычислительных машин (ЭВМ). Наиболее значительные работы:

1. Sokhova Z.B. Model of self-organizing system of autonomous agents // In: Kryzhanovsky B., Dunin-Barkowski W., Redko V., Tiumentsev Y. (eds.) Advances in Neural Computation, Machine Learning, and Cognitive Research IV, Springer, Cham, Studies in Computational Intelligence (SCI). –2021. V.925. – PP. 93–100. – Web of Science, Scopus.
2. Сохова З.Б., Редько В.Г. Моделирование поиска инвестиционных решений автономными агентами в прозрачной конкурентной экономике // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2019. – № 2. – С. 98–108.
3. Редько В.Г., Сохова З.Б. Модель взаимодействия инвесторов и производителей в прозрачной экономической системе // Экономика и математические методы. – 2018. – Т. 54, № 2. – С. 50–61.
4. Сохова З.Б., Редько В.Г. Исследование коллективного поведения агентов в децентрализованной экономической системе // Известия КБНЦ РАН. – 2017. – Т. 2, № 6(80). – С. 221–229.
5. Сохова З.Б., Редько В.Г., Нагоев З.В. Агент-ориентированная модель аренды сельскохозяйственных угодий в регионе // Известия КБНЦ РАН. – 2015. – Т. 2, № 6(68). – С. 174–182.

6. Red'ko V.G., Sokhova Z.B. Model of collective behavior of investors and producers in decentralized economic system // Procedia Computer Science. – 2018. – V. 123. – PP. 380–385. – Scopus.
7. Red'ko V.G., Sokhova Z.B. Iterative method for distribution of capital in transparent economic system // Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). – 2017. – V. 26, № 3. – PP. 182–191. – Scopus.

На автореферат поступило пять положительных отзывов, которые подписали:

1. Карпов Валерий Эдуардович, кандидат технических наук, доцент, начальник лаборатории робототехники Федерального государственного бюджетного учреждения “Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»” (НИЦ «Курчатовский институт»)

Замечания:

1. Было бы хорошо обосновать сходимость итерационного процесса определения капиталовложений, а не полагаться лишь на результаты вычислительных экспериментов.
 2. Модель рынка аренды земли и модель кооперирующихся агентов-охранников описаны в автореферате излишне лаконично. Это не очень хорошо в силу того, что тема, заявленная автором, звучит весьма широко и всеобъемлюще.
2. Доленко Сергей Анатольевич, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией «Адаптивных методов обработки данных» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына.
- Замечание: В модели с «нечестной» конкуренцией стоило бы рассмотреть, помимо «нечестных» инвесторов, также «нечестных» производителей, сообщающих экономическому сообществу недостоверные сведения о себе. При этом в рамках эволюционной модели степень доверия инвестора к производителю, по видимому, окажется зависящей от уровня «честности» производителя. Интересно было бы проверить это, и исследовать количественные характеристики этого эффекта.
2. Еремеев Александр Павлович, доктор технических наук, профессор, зав. каф. «Прикладной математики и искусственного интеллекта» Федерального государ-

ственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования “Национальный исследовательский университет «МЭИ»”.

Замечания:

1. Для формулы (4) следовало пояснить, как соотносятся период и итерации.

2. Не ясно, из каких соображений выбирались функции прибыли.

4. Жданов Александр Аркадьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник АО «Институт точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева РАН», профессор базовой кафедры ЭВМ факультета радиотехники и кибернетики Московского физико-технического института (МФТИ ГУ).

Замечание: Основное замечание состоит в том, что, имея, особенно в искусственных многоагентных системах, как я понимаю, почти однозначную связь между заданными свойствами агентов и среды, и вытекающими отсюда свойствами их коллективного поведения, нигде в автореферате не ставится и не обсуждается обратная задача – конструирования свойств агентов по желаемым свойствам работы их коллектива.

5. Юдин Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, заведующий лабораторией интеллектуального транспорта МФТИ - НКБ ВС, доцент кафедры системных исследований МФТИ, старший научный сотрудник лаборатории когнитивных динамических систем Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

Замечания:

1. Было бы полезно отметить в автореферате, какие методы построения и анализа агент-ориентированных моделей существуют.

2. Дополнительные модели (модель рынка аренды и модель агентов-охранников) в автореферате можно было бы представить более подробно, например, привести некоторые результаты компьютерного моделирования.

3. В автореферате приведены результаты вычислительных экспериментов только для разработанных моделей и отсутствует сравнение с другими современными подходами решения рассматриваемой задачи.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области искусственного интеллекта, агент-ориентированных систем, методов математического моделирования, что подтверждается направлениями их исследований и публикациями в высокорейтинговых научных журналах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработана и исследована оригинальная математическая модель прозрачной экономической системы (базовая модель) с конструктивной конкуренцией. **Разработан** и детально **исследован** итеративный метод принятия решений автономными агентами. **Продемонстрирована** сходимость предложенного итеративного метода при различных управляющих параметрах. **Показано**, что применение итеративного метода обеспечивает более эффективное сотрудничество в искусственном экономическом сообществе, чем аналогичное сотрудничество без итераций. **Построено** аналитическое приближение для понимания общей динамики основных исследуемых процессов. **Разработаны и исследованы** четыре специальные модели, которые расширяют возможности базовой модели: 1) модель с открытой монополией, 2) модель с нечестной конкуренцией, 3) модель с гибким распределением капитала, 4) обобщенная модель самоорганизации агентов при решении задачи распределения ресурса. **Построена** упрощенная модель эволюции агентов-инвесторов и агентов-производителей, в которой каждый инвестор может обучаться, формируя степени доверия к производителям. **Исследовано** взаимодействие между обучением и эволюцией. **Разработана и исследована** эволюционная модель с непрерывными степенями доверия агентов-инвесторов к агентам-производителям. **Показано**, что в процессе эволюции выживают наиболее приспособленные агенты и те инвесторы, которые имеют более «корректные» степени доверия. **Разработаны и исследованы** две дополнительные агент-ориентированные модели поискового поведения автономных агентов для решения прикладных задач: 1) модель рынка аренды, 2) модель кооперирующихся агентов-охранников.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- впервые в классе агент-ориентированных систем **разработана и исследована** модель взаимодействия сообществ автономных экономических агентов в прозрачной среде; оригинальные черты модели: сотрудничество в

конкурентной среде, открытость намерений агентов, обмен информацией между агентами, итеративный процесс для согласования решений агентов,

- **разработан и детально исследован** новый метод итеративного принятия решений, позволяющий эффективно сотрудничать агентам в конкурентной среде,
- предложен **новый алгоритм обучения** автономных агентов, который позволяет исследовать процессы самоорганизации.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- **разработанный метод** может быть основой для построения аналогичных моделей, предназначенных для исследования взаимодействия агентов в сложных динамических системах,
- **результаты анализа**, проведенного для построенных моделей, могут быть использованы при исследовании таких категорий, как конкуренция и сотрудничество в социально-экономических системах,
- **создан** комплекс программ, который позволяет проводить вычислительные эксперименты с построенными агент-ориентированными моделями,
- построенные в работе модели могут быть использованы в **образовательном процессе**, что подтверждается актами об использовании результатов диссертационного исследования в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» и в Березниковском филиале Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- применены корректные методы построения математических моделей и принципы разработки агент-ориентированных систем,
- аналитические результаты для одного обобщенного инвестора и одного обобщенного производителя качественно согласуются с результатами, полученными для базовой модели,
- все полученные в диссертации выводы сделаны на основе вычислительных экспериментов, проведенных с помощью разработанного комплекса программ,

- результаты работы прошли апробацию на многочисленных профильных научных конференциях и семинарах.

Личный вклад соискателя состоит в:

- исследовании и анализе предложенных моделей,
- разработке алгоритмов и компьютерных программ,
- апробации результатов исследования,
- обработке и анализе результатов вычислительных экспериментов,
- подготовке научных статей по полученным результатам.

На заседании 21 июня 2021 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, и принял решение присудить Соховой З.Б. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении голосования диссертационный совет в количестве 30 человек, из них 12 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 42 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени 27, против присуждения ученой степени 3.

Председатель диссертационного совета Д 002.073.04

д.т.н., академик РАН

Ю.С. Попков



Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.073.04

д.т.н., профессор

В.Н. Крутько

21 июня 2021 г.