



УТВЕРЖАЮ:

Директор Федерального государственного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований РАН»

С.Е. Власов

« 12 » 02 2021 года

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»

Диссертация «Исследование методов поиска решений в агент-ориентированных системах» выполнена в Федеральном государственном учреждении «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук».

В период подготовки диссертации Сохова Зарема Борисовна работала в Федеральном государственном учреждении «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований РАН» (Центр оптико-нейронных технологий, отдел нейроинформатики) в должности младшего научного сотрудника.

В 2001 г. окончила Кабардино-Балкарский государственный университет по специальности «Прикладная математика» с квалификацией математик, преподаватель. В 2006 году окончила заочную аспирантуру в Вычислительном центре им. А.А. Дородницына РАН (г. Москва).

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана 17 декабря 2019 года Федеральным государственным учреждением «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Редько Владимир Георгиевич, главный научный сотрудник Центра оптико-нейронных технологий ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН.

По результатам рассмотрения диссертации «Исследование методов поиска решений в агент-ориентированных системах» принято следующее заключение.

1. Применение агент-ориентированного моделирования при моделировании коллективного поведения в экономических исследованиях и разработка и исследование новых методов поиска решений автономными агентами в многоагентных децентрализованных системах является **актуальной** тематикой.
2. Представленная диссертационная работа выполнена З.Б. Соховой самостоятельно.
3. Сформулированные автором выводы строго аргументированы, проверены экспериментально и не вызывают сомнений.
4. **Научная новизна** диссертации заключается в следующем.
 - Впервые в классе многоагентных моделей предложена и исследована модель взаимодействия сообществ автономных агентов в «прозрачной» среде с конструктивной конкуренцией. Оригинальные черты модели: *сотрудничество, открытость информации, открытость намерений агентов, итеративный процесс принятия решений.*
 - 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.
 - Построено аналитическое приближение для понимания общей динамики основных

исследуемых характеристик модели.

- Разработана базовая модель, которая может быть использована для исследования различных процессов, происходящих в реальной экономике.
 - Предложен алгоритм обучения автономных агентов, который позволяет исследовать процессы самоорганизации в модели.
 - Разработана и исследована модель эволюции и обучения инвесторов и производителей. Показано, что в процессе эволюции выживают наиболее приспособленные агенты, то есть, те производители, которые имеют более высокую эффективность, и те инвесторы, которые имеют более «правильные» степени доверия.
5. С практической точки зрения, полученные результаты могут быть основой для построения аналогичных многоагентных моделей, предназначенных для исследования коллективного поведения агентов в сложных динамических системах. С учетом того, что в последние годы уделяется большое внимание методам, направленным на усиление прозрачности экономики, предложенная модель может быть доказательством выгоды открытости информации для экономических агентов.
 6. **Достоверность** результатов подтверждена компьютерными экспериментами и исследованиями разработанных алгоритмов и методов.
 7. **Личный вклад.** Автором лично проведены исследования и анализ предложенных агентных моделей, разработаны компьютерные программы для проведения экспериментов.
 8. **Апробация работы.** Основные результаты диссертации неоднократно докладывались на всероссийских и международных конференциях, а также на многочисленных научных семинарах.
- Публикации.** Основное содержание достаточно полно отражено в следующих публикациях:

Публикации в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ

1. Сохова З.Б., Редько В.Г. Моделирование поиска инвестиционных решений автономными агентами в прозрачной конкурентной экономике. *Искусственный интеллект и принятие решений*, № 2, С. 98–108, 2019.
2. Редько В.Г., Сохова З.Б. Модель взаимодействия инвесторов и производителей в прозрачной экономической системе. *Экономика и математические методы*, № 2, Т. 54, С. 50–61, 2018.
3. Сохова З.Б., Редько В.Г. Исследование коллективного поведения агентов в децентрализованной экономической системе. *Известия КБНЦ РАН*, № 6(80), Т. 2, С. 221–229, 2017.
4. Сохова З.Б., Редько В.Г., Нагоев З.В. Агент-ориентированная модель аренды сельскохозяйственных угодий в регионе. *Известия КБНЦ РАН*, № 6(68), Т. 2, С. 174–182, 2015.

Публикации в журналах, входящих в список Scopus

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

Публикации в трудах профильных конференций в изданиях, входящих в список Web of Science и Scopus

7. 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), V. 925, PP. 93–100, 2021 (**Web of Science, Scopus**).

8. Sokhova Z.B., Red'ko V.G. Comparison of two models of a transparent competitive economy. In: Kryzhanovsky B., Dunin-Barkowski W., Redko V., Tiumentsev Y. (eds.) *Advances in Neural Computation, Machine Learning, and Cognitive Research III*, Springer, Cham, Studies in Computational Intelligence (SCI), V. 856, PP. 131-137, 2020 (**Web of Science, Scopus**).
9. Red'ko V.G., Sokhova Z.B. Processes of self-organization in the community of investors and producers. In: Kryzhanovsky B., Dunin-Barkowski W., Redko V. (eds.) *Selected Papers from the XIX International Conference on Neuroinformatics*, October 2-6, 2017, Moscow, Russia. Springer International Publishing Switzerland, Studies in Computational Intelligence (SCI), V.736, PP. 163–169, 2017 (**Web of Science, Scopus**).
10. Sokhova Z.B., Red'ko V.G. Agent-based model of interactions in the community of investors and producers, In: Samsonovich A.V., Klimov V.V., Rybina G.V. (eds.) *Biologically Inspired Cognitive Architectures (BICA) for Young Scientists. Proceedings of the First International Early Research Career Enhancement School (FIERCES 2016)*, Advances in Intelligent Systems and Computing book series (AISC), V. 449, PP. 235–240, Springer International Publishing Switzerland, 2016 (**Web of Science, Scopus**).

Публикации в других журналах

11. Сохова З.Б. Анализ механизмов распределения прибыли в модели прозрачной экономики. *Труды НИИСИ РАН*, Т. 9, № 3, С.78–82, 2019.
12. Сохова З.Б., Редько В.Г. Эволюция и обучение в модели взаимодействия инвесторов и производителей. *Труды НИИСИ РАН*, Т. 9, № 1, С. 61–65, 2019.
13. Сохова З.Б., Редько В.Г. Анализ влияния эволюционных процессов и обучения на поведение экономических агентов. *Известия КБНЦ РАН*, № 6(86), Т. 3, С. 123–131, 2018.
14. Редько В.Г., Сохова З.Б. Многоагентная модель аренды сельскохозяйственных земель в регионе. *Искусственные общества*, Т. 10, № 1–4, С. 5–20, 2015.
15. Редько В.Г., Сохова З.Б. Многоагентная модель прозрачной рыночной экономической системы. *Труды НИИСИ РАН*, Т. 3, № 2, С. 61–65, 2013.
16. Редько В.Г., Сохова З.Б., Редько О.В. Многоагентная модель честной рыночной экономики. *Искусственные общества*, Т. 8, № 1–4, С. 63–77, 2013.
17. Редько В.Г., Сохова З.Б. Многоагентная модель прозрачной экономической системы. *Сложность. Разум. Постнеклассика*, № 3, С. 90–96, 2013.
18. Редько В.Г., Бурцев М.С., Сохова З.Б., Бесхлебнова Г.А. Моделирование конкуренции при эволюции многоагентной системы. *Искусственные общества*, Т. 2, № 2, С. 76–89, 2007.

Публикации в трудах других профильных конференций

19. Сохова З.Б., Редько В.Г. Эволюция и обучение в модели децентрализованной экономической системы. *Модели мышления и интеграция информационно-управляющих систем (ММИИУС-2018). Материалы второй Международной научной конференции, посвящённой 25-летию юбилею Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук*, С. 83–88, 2018.
20. Сохова З.Б. Исследование процессов самоорганизации в эволюционной модели прозрачной экономики. *XX Международная научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2018». Сборник научных трудов*. В 3-х частях, Ч. 1, С. 211–220, М.: НИЯУ МИФИ, 2018.
21. Редько В.Г., Сохова З.Б. Эволюционная модель децентрализованной прозрачной экономики. *«Социофизика и социоинженерия 2018». Труды второй Всероссийской междисциплинарной конференции*. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, С. 95–96, 2018.
22. Сохова З.Б., Редько В.Г. Агент-ориентированная модель рынка аренды сельскохозяйственных угодий в регионе. *XVIII Международная научно-техническая*

конференция "Нейроинформатика-2016". Сборник научных трудов. В 3-х частях, Ч. 1, С. 204–213, М.: НИЯУ МИФИ, 2016.

23. Редько В.Г., Сохова З.Б. Многоагентная модель распределения сельскохозяйственных угодий в регионе. *Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте*, – 2015 г. Сб. науч. трудов VIII-й международной научно-технической конференции (Коломна, 18-20 мая 2015 г.). В 2-х томах, Т. 2, С. 486–493, М.: Физматлит, 2015.
24. Сохова З.Б. Многоагентная модель коллективного взаимодействия инвесторов и производителей в прозрачной экономической системе. *Социофизика и социоинженерия*. Сборник научных трудов Первой российской конференции (Москва, 8-11 июня, 2015 г.), С. 59, 2015.
25. Редько В.Г., Сохова З.Б. Агент-ориентированная модель прозрачной рыночной экономической системы. XVI Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2014» с международным участием: Сборник научных трудов. В 3-х частях, Ч. 2, С. 174–184, М.: НИЯУ МИФИ, 2014.
26. Сохова З.Б. Модель взаимодействия агентов инвесторов и производителей в среде прозрачной рыночной экономики. *Искусственный интеллект: философия, методология, инновации*. Сборник трудов VII Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Ч. 1, С. 16–23, М.: МГТУ МИРЭА, 2013.
27. Редько В.Г., Сохова З.Б. Модель прозрачной рыночной экономики. Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях. *Труды III всероссийской конференции*. Нижний Новгород: ИПФ РАН, С. 134–135, 2013.
28. Редько В.Г., Сохова З.Б. Многоагентная модель честной рыночной экономики. Первые результаты. *Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте*. Сб. науч. трудов VII-й международной научно-технической конференции (Коломна, 20-22 мая 2013 г.). В 3-х томах, Т. 2, С. 695–703, М.: Физматлит, 2013.
29. Сохова З.Б., Шикзатов Р.Р. Модель кооперирующихся агентов-охранников с потребностями и мотивациями. *Научная сессия НИЯУ МИФИ - 2013. XV Всероссийская научно-техническая конференция "Нейроинформатика-2013"*. Сборник научных трудов. В 3-х частях, Ч. 2, С. 274–281, М.: НИЯУ МИФИ, 2013.
30. Редько В.Г., Сохова З.Б. Модель автономного агента-охранника. *Математическая биология и биоинформатика: IV Международная конференция, г. Пущино, 14-19 октября 2012 г.* Доклады / под ред. В.Д. Лахно. С. 162–163, М.: МАКС Пресс, 2012.
31. Сохова З.Б., Редько В.Г. Исследование поведения агентов-инвесторов и агентов-производителей в многоагентной модели конкурентной экономики. *Искусственный интеллект: философия, методология, инновации*. Сборник трудов VI Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Ч. 1, С. 145–149, М.: МГТУ МИРЭА, 2012.
32. Редько В.Г., Сохова З.Б., Мосалов О.П., Нагоев З.В. Естественная модель искусственной жизни. *Труды XLVI научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук»*. Т. 1, Ч. 1, С. 31–33, Москва, Долгопрудный: МФТИ, 2003.

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

33. «Программа, реализующая алгоритм взаимодействия агентов-инвесторов и агентов-производителей в многоагентной модели конкурентной экономики»: свидетельство о регистрации программы, реестр программ для ЭВМ, №2020613628 / Сохова З.Б., 19.03.2020.

Диссертация Соховой Заремы Борисовны на тему «Исследование методов поиска решений в агент-ориентированных системах» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки)

представляет собой самостоятельно выполненную автором научно-квалификационную работу, результаты которой обеспечивают решение важных теоретических и прикладных задач. Она полностью соответствует критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявленным к кандидатским диссертациям, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационном совете Д 002.073.04 при Федеральном государственном Учреждении «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН).

Заключение принято единогласно на заседании семинара Центра оптико-нейронных технологий ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН. Присутствовало на заседании 12 чел. Результаты открытого голосования: «за» – 12 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 1 от 29 января 2021 г.

Руководитель семинара,
член-корр. РАН, д.ф.-м.н.



Б.В. Крыжановский