

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.224.01

на базе Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН) по диссертации
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 16 июня 2022 № 5

О присуждении Рябикову Андрею Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Численные методы аппроксимации границы Парето в задачах оптимизации правил управления динамическими системами с разрывными многоэкстремальными критериями» по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 11 апреля 2022 г., протокол №3, диссертационным советом 24.1.224.01 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 Рябиков Андрей Игоревич, 1983 года рождения, в 2005 году окончил факультет Вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по специальности «Прикладная математика и информатика». С 2005 по 2013 г. работал в Вычислительном центре им. А.А.Дородницына Российской академии наук. С 2006 по 2010 г. обучался в заочной аспирантуре Вычислительного центра им. А.А.Дородницына РАН и сдал кандидатские экзамены по специальности 1.2.2 (05.13.18) – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Справка о сдаче канди-

датских экзаменов выдана Федеральным государственным учреждением Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель Рябиков Андрей Игоревич работал в Федеральном государственном учреждении Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук в отделе № 35 в должности младшего научного сотрудника (по совместительству), одновременно работая по основному месту работы в негосударственных организациях, проводящих исследования в области информационных технологий. С 2019 г. по настоящее время основное место работы – Московский исследовательский центр Российского исследовательского института Huawei, должность – ведущий инженер ключевых проектов.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Лотов Александр Владимирович, главный научный сотрудник отдела 35 ФИЦ ИУ РАН.

Официальные оппоненты:

1. Подиновский Владислав Владимирович, доктор технических наук, профессор, профессор-исследователь департамента математики факультета экономических наук Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ «Высшая школа экономики»).

Отзыв оппонента положительный, имеются замечания по диссертации:

- 1) Недостаточно точно описано правило остановки диалоговой процедуры «Метод наследуемого решения». Из-за этого остается неясным, какими свойствами обладает решение, на котором останавливается процедура;
- 2) Надо бы более подробно описать построение регрессии при оценке скорости сходимости методов, оценить доверительные интервалы и т.д.;
- 3) Число расчетов критериальной функции округляется то с точностью до миллиона, то с точностью в 100 тысяч, что затрудняет сравнение числа расчетов.

2. Морозов Владимир Викторович, кандидат физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова», доцент факультета вычислительной математики и кибернетики.

Отзыв оппонента положительный, имеются следующие замечания по диссертации:

- 1) В диссертации не рассмотрен вопрос об оптимальном распределении ресурса, которым является число расчетов вектора критериев, между различными стадиями метода стартовой площадки.
- 2) В задачах с большим числом критериев целесообразно использовать метод сужения множества оптимальных по Парето вариантов управления на основе экспертной информации о сравнительной важности или равноценности критериев. В диссертации он даже не упоминается.
- 3) В отдельных случаях автор применяет слишком общую терминологию либо допускает терминологические вольности. Так, информацию о входных данных он рассматривает как точку топологического пространства, а приближения к функциям Хэвисайда называет эрзац-функциями.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук – в своем положительном заключении, подписанном Алескеровым Фуадом Тагиевичем, доктором технических наук, заведующим лабораторией «Теории выбора и анализа решений им. М.А.Айзермана» ИПУ РАН, указала, что «Кандидатская диссертация Рябикова Андрея Игоревича является завершенным научным исследованием, содержащим научно-обоснованные численные методы аппроксимации оболочки Эджворта-Парето в сложных многошаговых задачах многокритериальной оптимизации, а также методику их использования при построении правил управления каскадом водохранилищ. Диссертация представляет собой самостоятельно выполненную автором научно-квалификационную работу, она содержит новые научные результаты и имеет практическую значимость в виде

реализованного комплекса программ и найденных эффективных правил управления ангарским каскадом водохранилищ. Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание.

Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» для физико-математических наук по направлениям «1. Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений», «3. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий» и «4. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента».

Диссертационная работа соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней (пункты 9–14), утвержденного постановлением правительства РФ, отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Рябиков А.И. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Отзыв обсужден и утвержден на семинаре ИПУ РАН «Теории выбора и анализа решений им. М.А. Айзермана» ИПУ РАН, протокол №1 от 6 апреля 2022 г.

Замечания:

1. При оптимизации первого критерия (годовая обеспеченность ограничений на уровень Байкала) было бы интересно найти вероятностную интервальную оценку глобального минимума критерия, построенную по найденным локальным минимумам.
2. Сравнение метода инъекции оптимумов с генетическим методом производится по качеству аппроксимации оболочки Эджворта-Парето. В то же время, оба этих метода используются как средство построения стартовой площадки. Однако их сравнение по качеству построенной стартовой площадки, т.е. по ее влиянию на окончательную аппроксимацию, не производится;

3. В методе инъекции оптимумов представляется разумным включать в популяцию не только сами оптимумы, но и их допустимые выпуклые комбинации.
4. При анализе правил управления предполагается, что приточность на ближайший интервал времени, т.е. на месяц или декаду в половодье, известна точно. Было бы важно изучить влияние возмущения этого параметра на функционирование системы.

Соискатель имеет 24 опубликованные научные работы по теме диссертации, в том числе 10 работ изданы в журналах, рекомендованных ВАК для опубликования результатов диссертации, 7 – в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus, 13 – в сборниках трудов конференций. Также получено свидетельство о регистрации программы для электронных вычислительных машин (ЭВМ). Недостоверных сведений об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, не обнаружено.

Наиболее значительные работы:

1. Рябиков А.И. О методе эрзац-функций для минимизации конечнозначной функции на компактном множестве // Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 2014, Т. 54, № 2, С. 195-207. [Ryabikov A.I. Ersatz Function Method for Minimizing a Finite-Valued Function on a Compact Set // Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2014, Vol. 54, No. 2, pp. 206-1218.] (Scopus, WoS)
2. Лотов А.В., Рябиков А.И., Бубер А.Л. Визуализация границы Парето при разработке правил управления ГЭС // Искусственный интеллект и принятие решений, 2013, № 1, С. 70-83. [Lotov A.V., Ryabikov A.I., Buber A.L. Pareto Frontier Visualization in the Development of Release Rules for Hydro Electrical Power Stations // Scientific and Technical Information Processing, 2014, Vol. 41, No. 5, pp. 314-324.] (Scopus)
3. Лотов А.В., Рябиков А.И. Многокритериальный синтез оптимального управления и его применение при построении правил управления каскадом

гидроэлектростанций // Труды Института Математики и Механики УрО РАН, 2014, Т. 20, № 4, С. 187-203.

4. Березкин В.Е., Лотов А.В., Лотова Е.А., Рябиков А.И. Эксперименты с гибридными методами аппроксимации оболочки Эджворта-Парето // Труды Института системного анализа Российской академии наук, 2018, Том.68, №2, С. 8-11.
5. Бубер А.Л., Раткович Л.Д., Рябиков А.И. Имитационное моделирование водохозяйственных систем в режиме оптимизации диспетчерских правил управления на примере уникального природно-технического комплекса «озеро Байкал – Иркутское водохранилище» // Природообустройство, 2018, №3, С. 31-39.
6. Лотов А.В., Рябиков А.И., Бубер А.Л. Многокритериальная процедура выбора решения с наследуемым множеством точек старта локальной оптимизации свертки критериев // Искусственный интеллект и принятие решений, 2018, № 3, С. 58-68. [Lotov, A.V., Ryabikov, A.I., Buber, A.L. A Multi-Criteria Decision-Making Procedure with an Inherited Set of Starting Points of Local Optimization of the Scalarizing Functions // Scientific and Technical Information Processing, 2019, 46(5), pp. 328-336.] (Scopus)
7. Лотов А.В., Рябиков А.И. Простая эффективная гибридизация классической глобальной оптимизации и генетических алгоритмов многокритериальной оптимизации // Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 2019, Т. 59. № 10. С. 1666-1680. [Lotov A.V., Ryabikov A.I. Simple Efficient Hybridization of Classic Global Optimization and Genetic Algorithms for Multiobjective Optimization // Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2019, 59(10), pp. 1613-1625.] (Scopus, WoS)
8. Лотов А.В., Рябиков А.И. Метод стартовой площадки в многоэкстремальных задачах многокритериальной оптимизации // Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 2019, Т. 59. № 12. С. 2111–2128. [Lotov A.V., Ryabikov A.I. Launch

pad method in multiextremal multiobjective optimization problems // Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2019, 59(12), pp. 2041-2056.] (Scopus, WoS)

9. Buber, A.L., Lotov, A.V., Ryabikov A.I. Pareto frontier visualization in multi-objective water resources control rules development problem for the Baikal Lake and the Angara River cascade // 1st IFAC Workshop on Control Methods for Water Resource Systems, IFAC-PapersOnLine, 52(23), 2019, pp. 9-16 (Scopus).
10. Рябиков А.И. Сходимость итерационных процессов в модели каскада водохранилищ // Вестник Бурятского ГУ. Математика, информатика. 2019. №4. С. 31-39.
11. Lotov A.V., Ryabikov A.I. Approximation of multi-dimensional Edgeworth-Pareto Hull in non-linear multi-objective problems // Proceedings of the 9th International Conference, NUMGRID 2018 / Voronoi 150 (Moscow, Russia, December 2018). Lecture Notes in Computational Science and Engineering. 2019. Vol. 131. pp. 127-138 (Scopus).

На автореферат поступило три положительных отзыва, которые подписали:

1. Горнов Александр Юрьевич, доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории оптимального управления Института динамики систем и оптимального управления Сибирского отделения Российской академии наук. Замечаний нет.

2. Потапов Михаил Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры оптимального управления факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Имеется замечание: отсутствие в автореферате привязки формулируемых основных результатов к собственным работам, в которых эти результаты были опубликованы.

3. Ногин Владимир Дмитриевич, профессор, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теории управления факультета прикладной математики

- процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета. Замечаний нет.

Поступило Заключение об использовании результатов научных исследований м.н.с. ФИЦ ИУ РАН А.И. Рябикова, подписанное заведующим лабораторией моделирования поверхностных вод Института водных проблем Российской академии наук, главным научным сотрудником, доктором технических наук Болговым Михаилом Васильевичем.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области теории и методов принятия решений и методов математического моделирования, что подтверждается их исследованиями и публикациями в высокорейтинговых научных журналах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработаны новые численные методы аппроксимации оболочки Эджворта-Парето для нелинейных многошаговых систем с критериями, представляющими собой сумму большого числа функций Хэвисайда и являющимися разрывными функциями с большим числом локальных экстремумов. **Предложен** и экспериментально изучен новый метод построения вспомогательных функций для оптимизации разрывных многоэкстремальных критериев, на основе чего **разработана** новая диалоговая итеративная процедура многокритериальной оптимизации, в рамках которой не требуется решать задачи глобальной оптимизации свертки критериев. **Доказаны** утверждения о достаточных условиях сходимости итерационного процесса поиска начальных объемов воды в водохранилищах. **Реализована** новая методика многокритериальной оптимизации управления многошаговой системой с критериями типа уровня обеспеченности.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- впервые **предложены** и изучены численные методы аппроксимации границы Парето, основанные на идее «стартовой площадки» и пригодные для многошаговых моделей с разрывными многоэкстремальными критериями, представляющими собой сумму большого числа функций Хэвисайда;

- впервые **изучены** свойства границы Парето и оболочки Эджворта-Парето в задачах с критериями, представляющими собой сумму большого числа функций Хэвисайда;
- теоретически **обоснована** сходимость итерационного процесса поиска исходных состояний в многошаговой балансовой модели каскада водохранилищ.

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

- **разработаны** новые численные методы оптимизации разрывных многоэкстремальных критериев типа уровня обеспеченности, основанные на использовании вспомогательных функций специального вида;
- **реализована** методика многокритериальной оптимизации правил управления многошаговой системой с критериями типа уровня обеспеченности, основанная на визуализации границы Парето;
- **разработано** программное обеспечение персональных компьютеров и многопроцессорных систем на языке программирования C++;
- **разработанная** методика применена для решения задачи многокритериальной оптимизации правил управления каскадом водохранилищ реки Ангара, включая регулирование уровня озера Байкал.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- теоретические результаты обоснованы строгими математическими доказательствами и согласуются с экспериментальными данными,
- результаты численных экспериментов являются воспроизводимыми,
- результаты работы опубликованы в статьях и прошли апробацию на научных конференциях и семинарах,
- найденные оптимальные решения используются в исследованиях других специалистов и на практике.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке методов и алгоритмов,
- проведении численных экспериментов и обработке результатов,

- формулировке и доказательстве теоретических утверждений,
- подготовке научных статей по полученным результатам,
- апробации результатов исследования.

На заседании «16» июня 2022 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013г., и принял решение присудить Рябикову А.И. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 36 человек, из них 8 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 45 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени 36, против присуждения ученой степени 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель Председателя диссертационного
совета 24.1.224.01

Д.Т.Н.

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.1.224.01

к.ф.-м.н.



О.Г. Григорьев

И.В. Смирнов

«16» июня 2022 г.