

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.224.01,
созданного 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 05 декабря 2022 № 18

О присуждении Константинову Сергею Валерьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Решение задачи синтеза системы управления на основе аппроксимации множества оптимальных траекторий методом сетевого оператора» по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» принята к защите 3 октября 2022 г., протокол № 14, 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 Константинов Сергей Валерьевич, 1982 года рождения, в 2006 году окончил Инженерный факультет Российского университета дружбы народов по специальности «Автоматизация и управление». С 2006 по 2009 г. обучался в очной аспирантуре Российского университета дружбы народов по направлению 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации». С 2009 г. по настоящее время работает в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Российский университет дружбы народов в должности старшего преподавателя

департамента механики и процессов управления. В 2021 году был прикреплен к аспирантуре Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук и сдал кандидатские экзамены по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика». Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана Федеральным государственным учреждением «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» в 2022 году.

В период подготовки диссертации соискатель Константинов Сергей Валерьевич работал в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Российский университет дружбы народов в должности старшего преподавателя департамента механики и процессов управления (основное место работы), а также участвовал в качестве исполнителя в научных грантах, выполняемых на базе Федерального государственного учреждения Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Отделе 55 «Управление робототехническими устройствами» Отделения 5 «Информационные, управляющие и телекоммуникационные системы и информационная безопасность» ФИЦ ИУ РАН.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Дивеев Асхат Ибрагимович, главный научный сотрудник отдела 55 ФИЦ ИУ РАН.

Официальные оппоненты:

1. Афанасьев Валерий Николаевич, доктор технических наук, ординарный профессор департамента прикладной математики Московского института электроники и математики им. А.Н. Тихонова Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».

2. Скобцов Юрий Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры компьютерных технологий и программной инженерии Федерального

государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)» – в своем положительном заключении, подписанном Анатолием Павловичем Карпенко, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой систем автоматизированного проектирования, указала, что «диссертационная работа Константинова Сергея Валерьевича является самостоятельной выполненной, завершённой научно-квалификационной работой, содержащей научно обоснованный подход к численному решению задачи синтеза системы управления на основе аппроксимации оптимальных траекторий.

Диссертация обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты и положения по решению задачи синтеза системы управления, которые реализованы в виде комплекса программ и применяются в научной и практической деятельности. Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание.

Диссертация Константинова Сергея Валерьевича соответствует всем требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 (ред. от 01.10.2018, с изм. от 26.05.2020). Полученные соискателем теоретические и практические результаты позволяют сделать вывод о высокой научной квалификации автора.

Таким образом, Константинов Сергей Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры систем автоматизированного проектирования МГТУ им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет).

Соискатель имеет 25 опубликованных научных работ по теме диссертации, в том числе 7 работ изданы в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 15 – в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science, 3 – в сборниках трудов конференций. Получено 8 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ. Недостоверных сведений об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, не обнаружено. Диссертация не нарушает п. 14 Положения о присуждении ученых степеней. Автор указал личный вклад в опубликованные с соавторами работы.

Наиболее значимые работы:

1. Konstantinov S.V., Diveev A.I. Solving the Problem of the Optimal Control System General Synthesis Based on Approximation of a Set of Extremals using the Symbol Regression Method // Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Instrument Engineering. – 2020. – Vol. 2, No. 131. – P. 59–74. (BAK)
2. Optimal control system synthesis based on the approximation of extremals by symbolic regression / S.V. Konstantinov [et al.] // 2020 European Control Conference (ECC). – 2020. – P. 2021–2026. (Scopus, WoS)
3. Konstantinov S.V., Diveev A.I. Control system synthesis based on optimal trajectories approximation by symbolic regression for group of robots // 2020 7th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT). – 2020. – P. 19–24. (Scopus, WoS)
4. Konstantinov S.V., Diveev A.I. A new two-step approach for solving a control system synthesis problem by symbolic regression methods // Procedia Computer Science. – 2021. – Vol. 186. – P. 636–645. (Scopus, WoS)

5. Machine Learning Control Based on Approximation of Optimal Trajectories / A. Diveev [et al.] // Mathematics. – 2021. – Vol. 9, No. 3. – P. 265. (Scopus, WoS)
6. Konstantinov S.V., Khamidova U.K., Sofronova E.A. A Novel Hybrid Method of Global Optimization Based on the Grey Wolf Optimizer and the Bees Algorithm // Procedia Computer Science. – 2019. – Vol. 150. – P. 471–477. (Scopus, WoS)
7. Дивеев А.И., Константинов С.В. Исследование практической сходимости эволюционных алгоритмов оптимального программного управления колесным роботом // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2018. – № 4. – С. 75–98. (БАК)
8. Дивеев А.И., Константинов С.В. Исследование эволюционных алгоритмов для решения задачи оптимального управления // Труды МФТИ. – 2017. – Т. 9, № 3. – С. 76–85. (БАК)
9. Comparative Research of Random Search Algorithms and Evolutionary Algorithms for the Optimal Control Problem of the Mobile Robot / S.V. Konstantinov [et al.] // Procedia Computer Science. – 2019. – Vol. 150. – P. 462–470. (Scopus, WoS)
10. Konstantinov S. V., Diveev A. I. Evolutionary Algorithms for Optimal Control Problem of Mobile Robots Group Interaction // Advances in Optimization and Applications. OPTIMA 2021. Communications in Computer and Information Science / ed. by N. N. Olenov [et al.]. – 2021. – Vol. 1514. – P. 123–136. (Scopus)
11. Diveev A.I., Konstantinov S.V., Sofronova E.A. A comparison of evolutionary algorithms and gradient-based methods for the optimal control problem // 2018 5th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT). – 2018. – P. 259–264. (Scopus, WoS)

12. Diveev A., Sofronova E., Konstantinov S. Approaches to Numerical Solution of Optimal Control Problem Using Evolutionary Computations // Applied Sciences. – 2021. – Vol. 11, No. 15. – P. 7096. (Scopus, WoS)

На автореферат поступило четыре положительных отзыва, которые подписали:

1. Юрков Николай Кондратьевич, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструирование и производство радиоаппаратуры» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет». В качестве замечаний отмечается, что в тексте содержания раздела 4.4 не приведено математическое описание решаемой в сравнительном эксперименте задачи, без чего общее представление об эксперименте и его результатах остается неполным, а также, что из текста автореферата не ясно, каким методом решалась задача оптимального управления для получения значений функционала J^{opt} , представленных в Таблице 3.

2. Рыбак Лариса Александровна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология машиностроения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». В качестве замечания отмечается отсутствие в работе описания областей применения предложенного автором метода.

3. Куприянов Михаил Степанович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной техники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)». В качестве замечания отмечается, что в вычислительном эксперименте для подтверждения достоверности предложенных результатов не описаны ограничения и выбранные критерии, а также отсутствуют пояснения, каким образом подбирались параметры метода сетевого оператора,

например, размерность матрицы сетевого оператора, число свободных параметров, множество элементарных функций, используемых при поиске.

4. Серов Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладные информационные технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет». В качестве замечания отмечено, что в работе следовало бы уделить внимание вопросу существования решения задачи синтеза управления на основе предложенного автором подхода.

Поступило два заключения об использовании результатов диссертационных исследований С.В. Константинова, которые подписали:

1. Рыбак Лариса Александровна, доктор технических наук, профессор, руководитель Инжинирингового центра «Интеллектуальные роботизированные системы и технологии» управления научно-исследовательских работ Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова».

2. Комиссия в составе: Жмурова Бориса Владимировича, кандидата технических наук, доцента, заместителя генерального директора, главного конструктора ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт»; Давидова Альберта Оганезовича, доктора технических наук, доцента, начальника научно-исследовательского отдела ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт»; Морозова Михаила Игоревича, кандидата технических наук, начальника лаборатории технической документации ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт».

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в области оптимального управления, современных методов оптимизации и методов математического моделирования, что подтверждается их исследованиями и публикациями в высокорейтинговых научных журналах. **Выбор ведущей**

организации обосновывается тем, что Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)» активно занимается проблематикой по теме диссертационной работы, что подтверждается приоритетными направлениями работ и публикациями сотрудников.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработан двухэтапный численный метод решения задачи общего синтеза системы управления на основе аппроксимации множества оптимальных траекторий методом сетевого оператора. **Показано**, что предложенный метод не накладывает ограничений на размерность и вид объекта управления, не требует предварительных аналитических преобразований. Также **показано**, что при поиске решения предложенный метод позволяет оценить близость текущего решения к оптимальному. **Разработан** алгоритм аппроксимации данных, полученных на основе оптимальных траекторий, с помощью методов символьной регрессии. **Проведено** сравнительное исследование эффективности современных алгоритмов оптимизации для решения задачи оптимального управления. **Показано**, что при прямом подходе решения задачи оптимального управления, для которого характерны увеличение размерности пространства поиска и многоэкстремальность целевой функции, эволюционные алгоритмы позволяют получить значительно более точные решения. **Разработан** новый гибридный алгоритм, сочетающий свойства наиболее эффективных в области решения задачи оптимального управления алгоритмов оптимизации. **Разработан** комплекс программ, реализующих все этапы предложенного численного метода синтеза системы управления. **Решена** прикладная задача синтеза системы управления автомобилеподобным роботом. На основании результатов эксперимента **продемонстрирована** эффективность разработанного численного метода синтеза системы управления.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- впервые **предложен** и исследован двухэтапный численный метод решения задачи синтеза системы управления на основе аппроксимации множества оптимальных траекторий;
- теоретически **обоснована** возможность оценки близости найденного решения задачи синтеза к оптимальному по значению ошибки аппроксимации;
- впервые **проведен** сравнительных анализ и изучена эффективность эволюционных алгоритмов для решения задачи оптимального управления и получения оптимальных траекторий;
- впервые **предложен** гибридный алгоритм оптимизации для применения в области решения задачи оптимального управления.

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

- **разработан** новый численный метод решения задачи общего синтеза системы управления на основе аппроксимации оптимальных траекторий;
- **реализована** методика получения множества оптимальных траекторий путем решения задачи оптимального управления прямым подходом с использованием эволюционных алгоритмов;
- **разработан** проблемно-ориентированный комплекс программ для решения задачи синтеза системы управления;
- **предложенный** метод и комплекс программ, его реализующий, применены для решения прикладной задачи синтеза системы управления автомобилеподобным роботом в пространстве с фазовыми ограничениями.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- теоретические результаты обоснованы применением строгих математических методов и согласуются с экспериментальными данными;
- результаты численных экспериментов являются воспроизводимыми;

- результаты работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях и прошли апробацию на профильных научных конференциях и семинарах;
- найденные оптимальные решения используются в исследованиях других специалистов и на практике.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке численного метода решения задачи синтеза системы управления на основе аппроксимации оптимальных траекторий методами символьной регрессии;
- проведении численных экспериментов по сравнению эффективности эволюционных алгоритмов для решения задачи оптимального управления и обработке полученных результатов;
- разработке гибридного алгоритма решения задачи оптимального управления;
- создании комплекса программ для ЭВМ, реализующих предложенные соискателем методы и алгоритмы;
- формулировке теоретических утверждений;
- подготовке научных публикаций по полученным результатам;
- апробации результатов исследования.

Соискатель Константинов С.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, удовлетворившую авторов вопросов.

На заседании «05» декабря 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 Константинову С.В. ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи, имеющей значение для развития численных методов решения задачи синтеза системы управления.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 31 человека, из них 6 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 45 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 30, против присуждения ученой степени – 1, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета 24.1.224.01

д.т.н., профессор, академик РАН

Ю.С. Попков

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.1.224.01

к.ф.-м.н.

И.В. Смирнов

«05» декабря 2022 г.