

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.403.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ИМЕНИ АКАДЕМИКА М. Ф. РЕШЕТНЕВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15.12.2023 г. № 16

О присуждении Карасевой Татьяне Сергеевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Эволюционные алгоритмы решения задач символьной регрессии для идентификации динамических систем» по специальности: 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика принята к защите 13.10.2023 (Протокол №11) диссертационным советом 24.2.403.01 на базе ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М. Ф. Решетнева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31, приказ Минобрнауки от 07.10.2016 № 1201/нк.

Карасева Татьяна Сергеевна поступила в Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева (СибГАУ) в 2013 году и обучалась по направлению 27.03.03 «Системный анализ и управление». В июле 2017 года получила диплом бакалавра с отличием по указанному направлению и в том же году поступила в магистратуру по программе «Системный анализ данных и моделей принятия решений». В 2019 году Карасева Т.С. с отличием окончила магистратуру и поступила в

аспирантуру Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева (ранее – СибГАУ) по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации, которую успешно окончила в 2023 году. В период подготовки диссертации, в 2019-2023 годах работала инженером и младшим научным сотрудником в научно-исследовательской лаборатории института информатики и телекоммуникаций СибГУ им. академика М.Ф. Решетнева.

Диссертация выполнена на кафедре системного анализа и исследования операций ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Семенкин Евгений Станиславович, профессор кафедры системного анализа и исследования операций ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М. Ф. Решетнева».

Официальные оппоненты:

Горнов Александр Юрьевич, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория оптимального управления, главный научный сотрудник.

Скобцов Юрий Александрович, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», кафедра компьютерных технологий и программной инженерии, профессор

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет» в своем положительном отзыве, подписанном Курейчиком Владимиром Викторовичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой систем автоматизированного проектирования указала, что диссертационная работа Карасевой Т.С. является самостоятельной, завершённой научно-исследовательской работой, выполненной на высоком

научном уровне и имеющей практическую и теоретическую значимость. Работа является актуальной и имеет важное научное и практическое значение для теории и практики системного анализа, управления и обработки информации. Полученные результаты могут быть использованы в различных областях науки и техники: в химической и металлургической промышленности, экологии, экономике и т.п., при необходимости поиска модели по экспериментальным данным.

Научные положения диссертации, достоверность результатов и обоснованность выводов основаны на корректном применении математического аппарата, положений и методов из области эволюционных вычислений, математического моделирования и теории идентификации динамических систем. Данные результаты представляют собой интеллектуальную технологию обработки информации и позволяют строить на практике интерпретируемые модели сложных динамических систем, не предъявляя повышенных требований к квалификации и опыту разработчиков в эволюционных вычислениях и математическом моделировании.

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям п.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» Постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Карасева Татьяна Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Основные результаты диссертационной работы представлены более чем в 27 печатных публикациях, в том числе 3 – в рецензируемых журналах из Перечня ВАК, в том числе категории К1, 9 – в изданиях, индексируемых в Web of Science и/или в Scopus, в том числе уровня Q2. На 4 программные системы получены свидетельства Роспатента.

Наиболее значимые публикации Карасевой Т.С.:

1. Карасева, Т. С., Идентификация динамических процессов в виде дифференциальных уравнений и их систем с помощью эволюционных подходов / Т. С. Карасева, Е. С. Семенкин // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». – 2023. – №3. – С. 84-98.

2. Карасева, Т. С. О применении эволюционных алгоритмов для идентификации динамических процессов в экономике / Т. С. Карасева, Е. С. Семенкин // Системы управления и информационные технологии. – 2022. – № 1 (87). – С. 24-29.

3. Карасева, Т. С. Самонастраивающийся алгоритм генетического программирования для решения задачи Коши и вариационной задачи в символьном виде / Т. С. Карасева // Труды Института системного анализа Российской академии наук. – 2019. – Т. 69, № 3. – С. 80-90.

4. Karaseva, T. Evolutionary Approaches to the Identification of Dynamic Processes in the Form of Differential Equations and Their Systems / T. Karaseva, E.Semenkin // Algorithms. – 2022. – № 15 (10). – С. 351.

5. Karaseva, T. Detecting anomalies in fibre systems using 3-dimensional image data / D. Dresvyanskiy, T. Karaseva, S. Mitrofanov, V. Makogin, E. Spodarev, C. Redenbach // Statistics and Computing. – 2020. – 30 (4). – С. 817-837.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

1. Доктора физико-математических наук, профессора Медведева А.В., профессора кафедры фундаментальной математики Кемеровского государственного университета, Россия. Отзыв положительный с 2 замечаниями.

2. Доктора технических наук, профессора Демидовой Л.А., профессора кафедры корпоративных информационных систем МИРЭА – Российского технологического института, Россия. Отзыв положительный с 2 замечаниями.

3. Кандидата технических наук Рыжикова И.С., старшего инженера управления математического моделирования «Красцветмет IT» (ОАО Красцветмет), Россия. Отзыв положительный с 3 замечаниями.

4. Доктора технических наук, доцента, Баркалова К.А., профессора кафедры математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, Россия. Отзыв положительный с 3 замечаниями.

5. Доктора физико-математических наук Воропаевой О.Ф., ведущего научного сотрудника лаборатории технологий анализа и обработки биомедицинских данных Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий, Россия. Отзыв положительный с 1 замечанием.

6. Доктора наук Станимировича П., полного профессора факультета естественных наук и математики Нишского университета (Сербия), руководителя лаборатории «Гибридные методы моделирования и оптимизации в сложных системах», Сибирский федеральный университет (Россия). Отзыв положительный с 1 замечанием.

7. Доктора биологических наук, профессора Суховольского В.Г., ведущего научного сотрудника лаборатории Института леса СО РАН, Россия. Отзыв положительный с 1 замечанием.

8. Доктора физико-математических наук Охоткина К.Г., заместителя генерального директора по науке АО «Информационные спутниковые системы», Россия. Отзыв положительный с 2 замечаниями.

9. Доктора наук, профессора Ганчева Т., заведующего лабораторией искусственного интеллекта Технического университета Варны, Болгария. Отзыв положительный без замечаний.

10. Доктора физико-математических наук, доцента Еремеева А.В., главного научного сотрудника Омского филиала Института математики им. С.Л. Соболева, Россия. Отзыв положительный без замечаний.

11. Доктора наук, профессора Сподарева Е., директора института стохастики факультета математики и экономики Ульмского университета, Германия. Отзыв положительный, без замечаний.

12. Кандидата технических наук Бородулина А.С., директора НОЦ «ФНС России и МГТУ им. Н.Э. Баумана» НОЦ «Технологии искусственного интеллекта» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия. Отзыв положительный с 1 замечанием.

Все отзывы положительные. В замечаниях к автореферату отмечены: чрезмерная ориентированность автора на использование эвристических методов; недостаточно глубокое рассмотрение вопроса подбора начальных условий дифференциальных уравнений; отсутствие комментариев относительно числа реально задействованных переменных по отношению к числу входных переменных при описании решения реальных практических задач; отсутствие числовых оценок в разделе научной новизны; отсутствие описания условий применимости предлагаемых подходов и обоснования выбора функционального множества; привлечение классического метода Рунге-Кутты 4-го порядка является возможно излишним, т.к. влечет излишние вычислительные затраты; возможно необходимо было расширить предложенный подход к решению задачи Коши на системы дифференциальных уравнений; минимизация ошибки расчетов могла привести к использованию в моделях большего числа свободных параметров, физический смысл которых зачастую трудно определить; отсутствие в автореферате описания базовых алгоритмов в составе алгоритмического комплекса и информации о временных затратах на решение практических задач.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработан метод структурно-параметрической идентификации сложных динамических объектов интерпретируемыми моделями в виде**

дифференциальных уравнений и их систем с автоматическим определением их количества, порядка, структуры и коэффициентов;

- **разработан алгоритм** генетического программирования, отличающийся терминальным множеством и модифицированными эволюционными этапами и позволяющий автоматически генерировать дифференциальные уравнения по экспериментальным данным;

- **разработан самонастраивающийся алгоритм** генетического программирования для автоматизации решения в символьном виде задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Теоретическая значимость работы состоит в развитии теории структурно-параметрической идентификации сложных динамических систем с применением самонастраивающихся эволюционных алгоритмов, позволяющих автоматически строить точные и интерпретируемые модели таких систем.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке и реализации интеллектуальной технологии обработки информации, позволяющей строить на практике интерпретируемые модели сложных динамических систем по экспериментальным данным, не предъявляя повышенных требований к квалификации и опыту разработчиков в эволюционных вычислениях и математическом моделировании. Технология реализована в виде программно-алгоритмических комплексов, позволяющих идентифицировать динамический объект в виде дифференциального уравнения как линейного, так и нелинейного вида по экспериментальным данным, решать задачу Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений в символьном виде и идентифицировать динамические объекты в виде системы дифференциальных уравнений.

Практическая значимость результатов работы подтверждается тем, что полученные алгоритмы использовались в составе самоконфигурирующихся алгоритмов машинного обучения при выполнении проектов FEFE-2020-0013 и № FEFE-2023-0004 Министерства науки и высшего образования РФ «Развитие теории самоконфигурирующихся алгоритмов машинного обучения для моделирования и прогнозирования характеристик компонентов

сложных систем», а также в рамках работ по проекту «Разработка программного комплекса эволюционной автоматической идентификации динамических систем на предприятиях химической и металлургической промышленности» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере программы «УМНИК», договор № 14243ГУ/2019.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования:

Полученные результаты рекомендуются к применению при моделировании сложных динамических систем в различных областях науки и техники – в химической и металлургической промышленности, экологии, экономике и других – с целью получения точных и интерпретируемых моделей этих систем.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- теоретические выкладки основываются на корректном применении математического аппарата, корректном применении и совершенствовании современных методов машинного обучения и оптимизации, сравнительная эффективность которых была продемонстрирована при проведении экспериментов с различными наборами данных;

- установлено, что достоверность результатов диссертационного исследования обеспечивается положительными результатами проверки работоспособности предлагаемых алгоритмов в ходе проведения вычислительных экспериментов в достаточном количестве;

- для демонстрации эффективности разработанных подходов использованы наборы данных, полученных при анализе функционирования реальных сложных систем, в количестве, достаточном для доказательства того, что новые алгоритмы позволяют повысить эффективность структурно-параметрической идентификации сложных динамических систем как по точности моделирования, так и по возможности интерпретации получаемых моделей.

Личный вклад соискателя состоит в проведении всех этапов исследования, непосредственном участии в апробации результатов, подготовке публикаций, разработке алгоритмов решения поставленных

задач. Научные положения, выносимые на защиту, основные выводы, результаты экспериментов принадлежат лично автору.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Отсутствие в тексте диссертационной работы строгого определения понятия «эффективность» в контексте данного исследования. 2. Отсутствие числовых оценок, подтверждающих повышение эффективности применения методов. 3. Рекомендуются расширение функционального множества алгоритма генетического программирования, так как не все процессы возможно описать с помощью элементарных математических функций.

Соискатель Карасева Т.С. аргументировано ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Карасевой Татьяны Сергеевны «Эволюционные алгоритмы решения задач символьной регрессии для идентификации динамических систем» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные решения задач структурно-параметрической идентификации сложных динамических систем в виде дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений по экспериментальным данным, что позволяет повысить точность моделирования и обеспечить интерпретируемость получаемых моделей. Диссертация соответствует критериям п. 9, установленным Положением о присуждении ученых степеней и паспорту специальности «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика», п.1 – Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта; п.7 – Методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем; п. 4 – Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

На заседании 15 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Карасевой Т.С. ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

При проведении закрытого голосования диссертационный совет в количестве 14 человек (3 человека дистанционно), из них 9 докторов наук по специальности 2.3.1, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, ~~против – 1~~, воздержавшихся – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета
15.12.2023



Ковалев
Игорь Владимирович

Панфилов
Илья Александрович