

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор

Южного федерального университета

доктор химических наук, с.н.с.



Анатолий Викторович Метелица

« 6 » августа 2025 г.

Отзыв ведущей организации

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» о диссертационной работе Шерстнева Павла Александровича на тему «Самоконфигурируемые эволюционные алгоритмы с адаптацией на основе истории успеха для проектирования моделей машинного обучения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

1. Актуальность исследования

Одной из ключевых задач в современной науке является автоматизация проектирования моделей машинного обучения, особенно в условиях роста их сложности и необходимости обеспечения интерпретируемости. В условиях значительного расширения областей использования и массового внедрения в практику существенно возрастает роль подходов, позволяющих создавать надежные и масштабируемые модели при минимальном участии экспертов в области машинного обучения, т.е. подходов автоматизации проектирования. Одним из таких подходов является использование эволюционных алгоритмов моделирования и оптимизации для автоматизированного проектирования интеллектуальных информационных технологий. Однако эффективность

эволюционных алгоритмов во многом зависит от корректного выбора внутренних настроек и числовых параметров. В этой связи возрастает потребность в разработке новых эффективных методов самоадаптации эволюционных алгоритмов, позволяющих динамически подстраивать поведение алгоритма под конкретную задачу в процессе поиска решения. Среди таких подходов наибольшее внимание уделяется методам самоконфигурирования в генетическом алгоритме и алгоритме генетического программирования, автоматизирующим выбор эффективных вариантов генетических операторов, а также схемам адаптации на основе истории успеха (Success History-Based Adaptation), широко применяемым в дифференциальной эволюции. Несмотря на эффективность указанной схемы в рамках алгоритма дифференциальной эволюции, ее потенциал остается недостаточно исследованным при применении к другим типам эволюционных алгоритмов, в частности таким, как генетический алгоритм и алгоритм генетического программирования. Однако применение данной схемы в этом контексте требует существенной переработки цикла работы алгоритмов, модификации генетических операторов, а также оценки эффективности на тестовых и прикладных задачах оптимизации и проектирования моделей машинного обучения.

Таким образом, разработка и анализ самоконфигурируемых эволюционных алгоритмов с адаптацией на основе истории успеха для проектирования моделей машинного обучения представляет собой актуальную научно-техническую задачу.

2. Достоверность и научная новизна результатов работы

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждаются проведением автором многократных численных экспериментов с использованием репрезентативного набора тестовых задач и методов статистической обработки данных. Валидность выводов обеспечивается корректным применением методов вычислительного

интеллекта, эволюционных вычислений, оптимизации, теории вероятностей, математической статистики и теории обработки информации, а также сопоставлением полученных результатов с данными, представленными в научной литературе и результатами решения прикладных задач.

Научная новизна определяется разработанными подходами к автоматизированному проектированию интеллектуальных информационных технологий на основе самоадаптивных эволюционных алгоритмов, основу которых составляют авторские решения: модифицированный генетический алгоритм с измененным циклом работы, модифицированной процедурой скрещивания и механизмом адаптации на основе истории успеха; модифицированный алгоритм генетического программирования с аналогичной архитектурой; алгоритм формирования ансамбля нейросетей с совместным кодированием архитектур в одном бинарном дереве для одновременной оптимизации структуры, числа моделей и параметров мета-модели; метод гибридизации нейросетевых моделей и нечетких логических систем, реализованный с использованием разработанных алгоритмов, для объединения точности и интерпретируемости проектируемых моделей без необходимости ручной настройки.

3. Наиболее существенные результаты исследований и ценность для практического использования полученных соискателем результатов

1. Разработан и исследован самоконфигурируемый генетический алгоритм, отличающийся измененным циклом работы, модифицированной процедурой скрещивания и применением адаптации вероятностей операторов на основе истории успеха.

2. Реализован и исследован самоконфигурируемый алгоритм генетического программирования, отличающийся аналогичной архитектурой, и позволяющий повысить эффективность по сравнению с существующими аналогами.

3. Разработан алгоритм автоматизированного формирования ансамбля нейросетей на основе алгоритма генетического программирования, отличающийся совместным кодированием нескольких моделей в одном бинарном дереве, что позволяет одновременно оптимизировать архитектуру, количество участников и параметры мета-модели.

4. Предложен и исследован метод гибридизации нейросетевых моделей и систем на нечеткой логике, реализованный с использованием разработанных в диссертационной работе эволюционных алгоритмов и позволяющий объединить высокую точность моделей с логической интерпретируемостью без необходимости ручной настройки.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в разработке и реализации программной библиотеки с открытым исходным кодом на языке Python, предназначенной для эффективного применения самоадаптивных эволюционных алгоритмов в задачах оптимизации и проектирования интеллектуальных информационных технологий. Разработанный программный инструмент обеспечивает автоматизированное построение моделей, включая нейронные сети, ансамбли нейронных сетей и нечеткие логические системы, и может использоваться специалистами, не обладающими углубленными знаниями в области эволюционных вычислений и математического моделирования. Полученные результаты представляют собой технологическое решение в сфере интеллектуальной обработки информации и ориентированы на практическое применение при построении объяснимых и надежных моделей сложных систем в различных предметных областях.

4. Соответствие требованиям по выполнению, оформлению и апробации диссертационной работы

Диссертационная работа изложена на 148 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 181 источника и 7 приложений.

Во введении диссертации обозначены актуальность, цель и задачи исследования, охарактеризованы объект и предмет, а также представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов.

Первая глава содержит системный обзор современных направлений в области машинного обучения и эволюционных алгоритмов, а также анализ существующих методов самоадаптации. Отдельное внимание уделено методам автоматизированного проектирования интеллектуальных информационных технологий с помощью эволюционных алгоритмов, а также обзору библиотек и фреймворков, направленных на применение эволюционных алгоритмов.

Во второй главе изложены теоретические основы разработанных алгоритмов. Подробно описаны предложенные модификации генетического алгоритма и алгоритма генетического программирования, включая адаптацию на основе истории успеха, переработанную структуру циклов работы и модифицированные процедуры скрещивания. Приведены математические обоснования и формулы, описывающие адаптивные механизмы, что обеспечивает соответствие научной глубине и строгости изложения. Также представлен сравнительный анализ эффективности алгоритмов на репрезентативном множестве тестовых задач, включая задачи вещественной и псевдобулевой оптимизации, задачи формирования нечетких логических классификаторов и задачи символьной регрессии.

В третьей главе изложен авторский метод автоматизированного формирования ансамблей нейронных сетей с применением генетического программирования и предложенного способа кодирования нескольких архитектур сетей в одном бинарном дереве. Приведены результаты тестирования предложенного метода на задачах классификации и регрессии, демонстрирующие его конкурентоспособность в сравнении с существующими методами машинного обучения.

В четвертой главе рассмотрены вопросы практического применения разработанных алгоритмов, включая описание метода гибридизации

нейросетевых моделей и нечетких логических систем. Показано, как данный подход позволяет объединить высокую точность и логическую интерпретируемость моделей без необходимости ручной настройки. Также в главе представлена программная библиотека с открытым исходным кодом Thefittest, описана ее архитектура, поддержка популярных фреймворков и функциональность по автоматизированному проектированию интеллектуальных информационных технологий. Приведены примеры успешного применения разработанных методов и алгоритмов к решению практических задач, включая прогноз акустических характеристик древесных панелей, краткосрочный прогноз силы ветра на морском побережье и моделирование деградации солнечных батарей космического аппарата.

По результатам диссертационного исследования опубликованы 22 научные работы, включая 5 статей в журналах, входящих в Перечень рецензируемых изданий ВАК РФ, одна из которых опубликована в журнале из «Белого списка». Также 5 статей размещены в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах Web of Science и Scopus. Кроме того, в Федеральной службе по интеллектуальной собственности зарегистрированы 6 программных продуктов, созданных в рамках выполненного исследования.

Содержание диссертации изложено логично и последовательно. Стиль изложения отличается ясностью и структурной целостностью. Оформление работы соответствует установленным требованиям ВАК. Автореферат в полной мере отражает ключевые положения диссертации, ее основные выводы и рекомендации.

5. Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Результаты, полученные в диссертационной работе Шерстнева П.А., могут быть использованы при автоматизированном проектировании интеллектуальных информационных технологий, в том числе нейросетевых и нечетких моделей. Разработанные подходы актуальны для решения задач

оптимизации, структурной и параметрической настройки моделей в различных прикладных областях, таких как техническая диагностика, прогнозирование, управление, биоинформатика и др. Реализация алгоритмов в виде программной библиотеки с открытым исходным кодом обеспечивает доступность использования полученных решений широкому кругу исследователей и практиков. Предложенные методы могут быть рекомендованы для применения в научных и инженерных задачах, требующих построения объяснимых и адаптивных моделей по экспериментальным данным, что иллюстрируется успешным решением задач реальной практики из принципиально различных прикладных областей.

6. Замечания и недостатки

1. В диссертационной работе в ряде разделов описание алгоритмических решений представлено без формального псевдокода или блок-схем, что может затруднить воспроизведение результатов при самостоятельной реализации.

2. В диссертационной работе не представлены оценки вычислительных затрат предлагаемых алгоритмов, что затрудняет анализ их применимости в условиях ограниченных вычислительных ресурсов.

3. В разделе, посвященном численным экспериментам, представлены усредненные значения метрик и ранговые оценки, однако отсутствуют более подробные формы представления статистической информации (например, диаграммы размаха или доверительные интервалы).

4. В работе имеются отдельные опечатки, в частности — в формулах (1.11) и (1.12), а также в наименованиях задач: наблюдаются несогласованности в обозначениях типа CC/CCP, BC/BCW, UK/UKM, что может затруднить восприятие материала.

Отмеченные замечания носят частный характер и направлены, в первую очередь, на дальнейшее развитие представленного исследования.

7. Выводы

Работа Шерстнева Павла Александровича на тему «Самоконфигурируемые эволюционные алгоритмы с адаптацией на основе истории успеха для проектирования моделей машинного обучения», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, является самостоятельной, завершённой научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научном уровне и имеющей теоретическую значимость и практическую ценность. Работа является актуальной и имеет существенное значение для теории и практики системного анализа, управления и обработки информации. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в редакции от 11 сентября 2021 г., предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор – Шерстнев Павел Александрович – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Отзыв подготовлен Курейчиком Владимиром Викторовичем, доктором технических наук по специальностям: 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации и 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, профессором, заведующим кафедрой систем автоматизированного проектирования Института компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета (347922, г. Таганрог, пер. Некрасовский 44, к. 435 тел. (8634) 383451, e-mail: vkur@sfedu.ru).

Отзыв ведущей организации о диссертационной работе Шерстнева Павла Александровича на тему «Самоконфигурируемые эволюционные алгоритмы с адаптацией на основе истории успеха для проектирования моделей машинного обучения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, обсужден и утвержден на заседании кафедры систем автоматизированного проектирования Института компьютерных технологий и информационной безопасности федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», протокол № 16 от 31 июля 2025 г.

Заведующий кафедрой
систем автоматизированного
проектирования
Институт компьютерных технологий
и информационной безопасности
Южный федеральный университет
д. т. н., профессор Владимир Викторович Курейчик

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южный федеральный университет».
Адрес: 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42, тел: 8 8633051990
e-mail: info@srfedu.ru

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Полное наименование: Курейчик В.В.
ЗАВЕРЕНО:
Начальник сектора Острицова Е.З.
«31» «07» 2025