

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК» (СПб ФИЦ РАН)**

14 линия В.О., д. 39, Санкт-Петербург, 199178

Телефон: (812) 328-34-11, факс: (812) 328-44-50, E-mail: info@spcras.ru, https://spcras.ru/
ОКПО 04683303, ОГРН 1027800514411, ИНН/КПП 7801003920/780101001

УТВЕРЖДАЮ

Директор СПб ФИЦ РАН

Профессор РАН

___ А.Л. Ронжин

31 августа 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН)
по диссертации Соболевского Владислава Алексеевича «Комплексная
автоматизация синтеза искусственных нейронных сетей прямого
распространения», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 2.3.5 — Математическое и
программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и
компьютерных сетей**

Диссертация «Комплексная автоматизация синтеза искусственных нейронных сетей прямого распространения» выполнена в лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН).

Соболевский Владислав Алексеевич в 2017 окончил магистратуру Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) по направлению подготовки: 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника».

В 2021 году закончил очную аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН). Диплом об окончании аспирантуры 107805 0010484, выдан 30 июня 2021 года СПб ФИЦ РАН.

Научный руководитель — Соколов Борис Владимирович, Заслуженный деятель науки РФ, Лауреат премии правительства РФ в области науки и техники, доктор технических наук, профессор, руководитель лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании СПб ФИЦ РАН.

По результатам рассмотрения диссертации «Комплексная автоматизация синтеза искусственных нейронных сетей прямого распространения» принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы:

В диссертационной работе выполнен детальный анализ и приведена классификация существующих подходов к решению задачи автоматизации процессов генерации, обучения и интеграции моделей искусственных нейронных сетей прямого распространения, а также особенностей построения и функционирования программных средств на базе сервис-ориентированной архитектуры. Проведена разработка алгоритмического и методического обеспечения для автоматизации процесса комплексного синтеза моделей искусственных нейронных сетей прямого распространения различных архитектур и для автоматической генерации программных оболочек для синтезированных моделей. Разработано программное обеспечение комплексной автоматизации процессов генерации, обучения и интеграции моделей искусственных нейронных сетей прямого распространения различных архитектур. Выполнены экспериментальные исследования по апробации разработанного программного обеспечения на примере трёх прикладных задач: прогнозирования уровня воды на реках при возникновении ледовых заторов, прогнозирования динамики изменения фитомассы растительных сообществ тундры и распознавания и подсчёта числа северных оленей по аэрофотоснимкам.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации:

Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают личный вклад автора в опубликованных работах. Публикация полученных результатов проводилась совместно с соавторами, причем вклад диссертанта был существенным. Представленные к защите результаты получены лично автором.

Степень достоверности результатов проведенных исследований:

Достоверность научных положений, основных выводов и результатов диссертации подтверждается анализом состояния исследований в данной области, согласованностью теоретических выводов с результатами экспериментальной проверки алгоритмов, а также апробацией основных теоретических положений диссертации в печатных трудах и докладах на международных и российских научных специализированных конференциях: «32nd European Conference on Modelling and Simulation» (ECMS 2018), г. Вильгельмсхафен, Германия, 2018 г.; «20th International Conference on Harbor,

Maritime & Multimodal Logistics Modelling and Simulation» (HMS2018), г. Будапешт, Венгрия, 2018 г.; «Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы», г. Воронеж, 2019 г.; «33rd European Conference on Modelling and Simulation» (ECMS 2019), г. Вильгельмсхафен, Германия, 2019 г.; «13th IEEE International Conference “Application of Information and Communication Technologies”» (AICT2019), г. Баку, Азербайджан, 2019 г.; «2nd Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration» (EMCEI-2), г. Сус, Тунис, 2019 г.; «9th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control» (MIM 2019), г. Берлин, Германия, 2019 г.; «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2020), г. Санкт-Петербург, 2020 г.; «Модели и методы исследования информационных систем на транспорте» (ММРИСТ-2020), г. Санкт-Петербург, 2020 г.; «18 Национальная Конференция по Искусственному Интеллекту с Международным Участием» (КИИ-2020), г. Москва, 2020 г.; «Математическое моделирование в экологии» (ЭкоМатМод-2021), г. Пущино, 2021 г.; «Pattern Recognition and Information Processing» (PRIP'2021), г. Минск, Беларусь.

Результаты диссертационной работы реализованы в организациях: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения.

Научная новизна полученных результатов:

Разработан модифицированный генетический алгоритм, решающий задачу комплексного структурно-параметрического синтеза моделей ИНС прямого распространения различных архитектур. Он отличается внесёнными в генетический алгоритм модификациями, учитывающими обобщённые особенности подхода обучения с учителем к моделям ИНС ПР, что позволяет, за счёт унификации, добиться масштабируемости алгоритма новыми архитектурами ИНС прямого распространения без необходимости модификации самого алгоритма.

Разработана архитектура программной системы комплексной автоматизации решения задачи структурно-параметрического синтеза моделей ИНС прямого распространения, отличающаяся возможностью инкапсуляции методов работы с различными архитектурами ИНС, что позволяет упростить и ускорить разработку моделей за счёт использования перспективной информационной технологии «программирования без программирования» (No-Code разработка).

Разработана архитектура программной системы автоматической генерации программных оболочек для синтезированных моделей ИНС прямого распространения различных архитектур, отличающаяся реализацией концепции No-Code разработки и поддержкой парадигмы сервис-ориентированной архитектуры, что позволяет ускорить и упростить интеграцию разработанных моделей в стороннее программное обеспечение.

Разработана методика использования созданного программного обеспечения, отличающаяся комплексным подходом к решению задачи

автоматизированной генерации, обучения и интеграции моделей ИНС прямого распространения различных архитектур и использованием концепции No-Code разработки.

Практическая значимость полученных результатов:

Разработанное программное обеспечение комплексной автоматизации процессов генерации, обучения и интеграции моделей искусственных нейронных сетей прямого распространения применялось при решении научно-исследовательских задач в Северо-Западном Центре междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, в учебном процессе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», а также при решении прикладной задачи для международной общественной организации «Всемирный фонд дикой природы». Получены соответствующие акты внедрения. Также программное обеспечение комплексной автоматизации процессов генерации, обучения и интеграции моделей искусственных нейронных сетей прямого распространения имеет свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Специальность, которой соответствует диссертация

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 — Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Основные результаты диссертации изложены в достаточной полноте в следующих 23 научных публикациях:

1. **Соболевский В.А.** Автоматизированная система генерации, обучения и использования искусственных нейронных сетей // Информатизация и связь. 2019. №3. С. 100-107. DOI:10.34219.2078-8320-2019-10-3-100-107. («Перечень ВАК»).
2. **Соболевский В.А.** Сервис-ориентированный подход к разработке систем на базе свёрточных нейронных сетей // Информатизация и связь. 2020. №5. С.34–40. DOI: 10.34219/2078-8320-2020-11-5-34-40. («Перечень ВАК»).
3. Михайлов В. В., Спесивцев А. В., **Соболевский В. А.**, Карташев Н. К., Лавриненко И. А., Лавриненко О. В., Спесивцев В. А. Многомодельное оценивание динамики фитомассы растительных сообществ тундры на основе спутниковых снимков // Исследование Земли из Космоса, 2021. №2. С. 15-30. DOI: 10.31857/s0205961421020056. («Перечень ВАК»).
4. Михайлов В.В., **Соболевский В. А.**, Колпащиков Л. А., Соловьев Н. В., Якушев Г. К. Методологические подходы и алгоритмы распознавания и подсчета животных на аэрофотоснимках // Информационно-управляющие

5. Зеленцов В.А., Алабян А.М., Крыленко И.Н., Пиманов И.Ю., Пономаренко М.Р., Потрясаев С.А., Семёнов А.Е., **Соболевский В.А.**, Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Модельно-ориентированная система оперативного прогнозирования речных наводнений // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. № 8. С. 831-843. DOI: 10.31857/S0869-5873898831-843. (**«Перечень ВАК»**).
6. Крылов А.В., Охтилев М.Ю., **Соболевский В.А.**, Соколов Б.В., Ушаков В.А. Методологические и методические основы создания и использования интегрированных систем поддержки принятия решений // Изв. вузов. Приборостроение. 2020. №11. Т. 63. С.963–974. DOI: 10.17586/0021-3454-2020-63-11-963-974. (**«Перечень ВАК»**).
7. Петровский Д. В., **Соболевский В. А.** Сравнение методов искусственной генерации данных для глубокого обучения системы мониторинга // Логистика и управление цепями поставок. 2018. №3. С.86–93. (**«Перечень ВАК»**).
8. Mikhailov, V.V., **Sobolevskii, V.A.**, Kolpaschikov, L.A. Mask R-CNN-Based System for Automated Reindeer Recognition and Counting from Aerial Photographs // Communications in Computer and Information Science. 1562. 2022. Стр. 137–151. DOI: 10.1007/978-3-030-98883-8_10. (**Scopus**).
9. Mikhailov V.V., Spesivtsev A.V., **Sobolevsky V.A.**, Kartashev N.K., Spesivtsev V.A., Lavrinenko I.A., Lavrinenko O.V. Multimodel evaluation of phytomass dynamics of tundra plant communities based on satellite images // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 57(9). 2021. Стр. 1198-1210. DOI: 10.1134/S0001433821090553. (**Scopus**).
10. Mikhailov V., Ponomarenko M., **Sobolevsky V.** Simulation of phytomass dynamics of plant communities based on artificial neural networks and NDVI // Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions (2nd Edition). EMCEI 2019. Environmental Science and Engineering. 2021. Стр. 1335-1339. DOI: 10.1007/978-3-030-51210-1_211. (**Scopus**).
11. **Sobolevskii V.A.** The system of convolution neural networks automated training // CEUR Workshop Proceedings. 2803. 2020. Стр. 100-106. DOI 10.24412/1613-0073-2803-100-106. (**Scopus**).
12. Gnidenko, A., **Sobolevsky, V.**, Potriasaev, S., Sokolov, B. Methodology and integrated modeling technologies for synthesis of cyber-physical production systems modernization programs and plans // IFAC-PapersOnLine. 52(13). 2019. Стр. 642–647. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.11.305. (**Scopus**).
13. Rostova, E.N., Rostov, N.V., **Sobolevsky, V.A.** Synthesis and simulation of biotechnical position-force control system of a robot manipulator with reconfigurable structure // IFAC-PapersOnLine. 52(13). 2019. Стр. 1097–1101. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.11.342. (**Scopus**).
14. Zelentsov V.A., Alabyan A.M., Krylenko I.N., Pimanov I.Yu., Ponomarenko M.R., Potryasaev S.A., Semenov A.E., **Sobolevskii V.A.**, Sokolov B. V.,

- Yusupov R.M. A model-oriented system for operational forecasting of river floods // Herald of the Russian Academy of Sciences, 89(4): 405–417, 2019. DOI: 10.1134/S1019331619040130. (Scopus).
15. Rostova, E., Rostov, N., **Sobolevsky, V.**, Zakharov, V. Design and simulation of biotechnical multidimensional motion control systems of a robot manipulator // Proceedings - European Council for Modelling and Simulation, ECMS. 33(1). 2019. Стр. 145–150. DOI: 10.7148/2019-0145. (Scopus).
 16. Sokolov, B., Mikoni, S., **Sobolevsky, V.**, Zakharov, V., Rostova, E. Quality evaluation of models and polymodel complexes: Subject-object approach // Proceedings - European Council for Modelling and Simulation, ECMS. 2018. Стр. 305–310. DOI: 10.7148/2018-0305. (Scopus).
 17. Petrovskiy, D., Barashkov, A., **Sobolevsky, V.**, Sokolov, B., Pjatkov, V. On the real time logistics monitoring system development using artificial neural network // International Conference on Harbour, Maritime and Multimodal Logistics Modelling and Simulation. 2018. Стр. 14–20. (Scopus).
 18. Михайлов В.В., **Соболевский В.А.**, Колпащиков Л.А. Подсчет северных оленей в скоплениях с использованием сверточной нейронной сети архитектуры Mask R-CNN // Материалы седьмой конференции «Математическое моделирование в экологии» ЭкоМатМод-2021. Г. Пущино, Россия. 2021. С. 76-78. (РИНЦ).
 19. Михайлов В.В., Пономаренко М. Р., **Соболевский В.А.** Моделирование влияния климатических факторов на динамику наземной фитомассы растительных сообществ тундры // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 2. – С. 106-109. (РИНЦ).
 20. Михайлов В. В., Спесивцев А. В., **Соболевский В. А.**, Лавриненко И. А., Спесивцев В. А. Интеллектуализация процесса моделирования динамики фитомассы растительных сообществ тундры на основе спутниковых снимков // 18 Национальная Конференция по Искусственному Интеллекту с Международным Участием КИИ-2020. Москва. 2020. С. 239-248. (РИНЦ).
 21. **Соболевский В.А.** Программный комплекс автоматизированной генерации сервисов на базе искусственных нейронных сетей // Информационные технологии в управлении (материалы конференции). Санкт-Петербург. 2020. С. 184-186. (РИНЦ).
 22. Mikhailov V., Spesivtsev A., **Sobolevsky V.**, Kartashev N. Multi-model estimation of the dynamics of plant community phytomass // 13th IEEE International Conference “Application of Information and Communication Technologies” (AICT2019) (23–25 October 2019, Baku). P.322–328.

International Conference “Application of Information and Communication Technologies” (AICT2019) (23–25 October 2019, Baku). P.322–328.

23. Mikhailov V., **Sobolevskii V.** Reindeer recognition and Counting System Based on Aerial Images and Convolutional Neural Networks // Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2021): Proceedings of the 15th International Conference, 21–24 Sept. 2021, Minsk, Belarus. Minsk: UIIP NASB, 2021. P. 89-91.

Ценность научных работ соискателя заключается в том, что они раскрывают результаты решения актуальной научно-технической задачи комплексной автоматизации процессов генерации, обучения и интеграции моделей искусственных нейронных сетей прямого распространения различных архитектур, а также обеспечивают воспроизводимость полученных научных результатов.

Диссертационная работа соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842.

Диссертация «Комплексная автоматизация синтеза искусственных нейронных сетей прямого распространения» Соболевского Владислава Алексеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 — Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей (технические науки).

Заключение принято на расширенном семинаре Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук». Присутствовало на заседании 14 чел. Результаты голосования: «за» — 14 чел., «против» — 0 чел., «воздержалось» — 0 чел., протокол №2 от 29.08.2022 г.

Главный научный сотрудник
лаборатории автоматизации
научных исследований,
доктор технических наук

Кулешов Сергей Викторович

Ведущий научный сотрудник
лаборатории информационных
технологий в системном анализе и
моделировании,
доктор технических наук

Потрясаев Семен Алексеевич