

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

«    » \_\_\_\_\_ 2022 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
«Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр  
Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН)  
по диссертации Милосердова Дмитрия Игоревича «Модели, методы и  
архитектуры программных систем нейросетевого прогнозирования  
трудноформализуемых событий с непрерывным обучением»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических  
наук по специальности 2.3.5 — Математическое и программное  
обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных  
сетей**

Диссертация «Модели, методы и архитектуры программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением» выполнена в лаборатории технологий больших данных социкиберфизических систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук». В период подготовки диссертации соискатель Милосердов Дмитрий Игоревич работал по основному месту работы в Центре системного анализа и моделирования – филиале АО «НТЦ РЭБ» в должности инженера-программиста.

Милосердов Д.И. в 2018 году окончил Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, факультет безопасности информационных технологий по специальности «информационная безопасность».

С 2018 года по настоящее время обучается в очной аспирантуре в Санкт-Петербургском Федеральном исследовательском центре Российской

академии наук. Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 1/2021 выдана 26 мая 2021 года Федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Санкт–Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук».

Научный руководитель — Осипов Василий Юрьевич, доктор технических наук, профессор, директор СПИИРАН СПб ФИЦ РАН.

По результатам рассмотрения диссертации «Модели, методы и архитектуры программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением» принято следующее заключение:

*Оценка выполненной соискателем работы:*

В диссертационной работе Милосердова Дмитрия Игоревича приведен анализ известных методов прогнозирования трудноформализуемых событий, определены условия и возможности такого прогнозирования. Разработана модель системы нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением, предполагающая наличие двух идентичных рекуррентных нейронных сетей, первая из которых непрерывно обучается, а вторая выполняет прогнозирование. На основе модели предложены новые методы нейросетевого прогнозирования. Разработаны архитектуры программных систем, реализующих методы, и программная реализация, с применением которой определены рекомендации по повышению точности и использованию программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением. Актуальность и востребованность данной тематики подтверждается большим вниманием, которое уделяется развитию теории нейросетевого прогнозирования, и широтой областей применения прогнозов трудноформализуемых событий.

*Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации:*

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно и в соавторстве, причем вклад соискателя в совместных работах был существенным. Разработаны: 1. Модель системы нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением; 2. Методы нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением и управлением направленностью вызова сигналов из ассоциативной памяти; 3. Параллельная и буферная архитектуры программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением; 4. Практические рекомендации по повышению точности и использованию программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением. Самостоятельно разработан и зарегистрирован в установленном порядке прототип программного обеспечения, реализующего модель, методы и

архитектуры нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением.

*Степень достоверности результатов проведенных исследований:*

Достоверность полученных результатов работы подтверждается анализом текущего уровня исследований в данной области, корректным использованием апробированного математического аппарата, согласованностью теоретических выводов с результатами вычислительных экспериментов, сравнением предложенных решений с известными аналогами и одобрением основных положений диссертационной работы на международных и всероссийских научных конференциях.

Основные результаты диссертации представлялись на следующих всероссийских и международных конференциях: «Digital Transformation And Global Society (DTGS-2019)» (Санкт-Петербург, 19–21 июня 2019 г.), «Experimental Economics and Machine Learning (EEML-2019)» (Пермь, 25–26 сентября 2019 г.), 5-я Международная научно-практическая конференция «Технологическая перспектива-2019» (Санкт-Петербург, 7–8 ноября 2019 г.), «Digital Transformation And Global Society-2020» (Санкт-Петербург, 17–19 июня 2020 г.), 6-я Международная научно-практическая конференция «Технологическая перспектива-2020» (Санкт-Петербург, 12–13 ноября 2020 г.), 7-я Международная научно-практическая конференция «Технологическая перспектива-2021» (Санкт-Петербург, 11–12 ноября 2021 г.), «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2020) (Санкт-Петербург, 7–8 октября 2020 г.).

Результаты диссертационной работы использованы в государственном задании СПб ФИЦ РАН №0073-2019-0001 «Теоретические основы и алгоритмические модели когнитивного управления, взаимодействия и анализа состояния групп гетерогенных робототехнических комплексов», а также в ЦСАМ АО «НТЦ РЭБ» при проведении научных исследований по обнаружению и траекторному сопровождению малоразмерных беспилотных летательных аппаратов для прогнозирования радиолокационной обстановки и выявления аномальных радиосигналов.

*Научная новизна полученных результатов:*

Разработана модель системы нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением, отличающаяся своей структурой и правилами обработки сигналов, обеспечивающими оперативное прогнозирование с учетом изменений в законах проявления событий.

Разработаны методы нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением: с временными сдвигами сигналов и без временных сдвигов сигналов, отличающиеся новыми правилами прогнозирования и управления ассоциативным вызовом информации из нейросетевой памяти и обеспечивающие высокую точность получаемых прогнозов трудноформализуемых событий.

Разработаны параллельная и буферная архитектуры программных систем, отличающиеся новой структурой и правилами функционирования программных систем прогнозирования с непрерывным обучением, обеспечивающие программную реализацию предложенных моделей и методов и расширение их функций.

Разработаны практические рекомендации по повышению точности и использованию программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением, обеспечивающие повышение точности прогнозов за счет определения наиболее эффективной конфигурации нейросетевых слоев применительно к задаче прогнозирования трудноформализуемых событий и разработки новых правил выбора метода и архитектуры в зависимости от условий, в которых функционирует система прогнозирования.

*Практическая значимость полученных результатов:*

Предложенные модели, методы и архитектуры программных систем позволяют повысить точность прогнозов возможных событий для различных приложений в условиях слабо формализуемых процессов с учетом большого числа неявно связанных факторов. Помимо повышения точности прогнозов, предложенные решения могут найти применение при проектировании перспективных интеллектуальных систем.

Представленные в работе научные результаты использованы в государственном задании СПб ФИЦ РАН №0073-2019-0001 «Теоретические основы и алгоритмические модели когнитивного управления, взаимодействия и анализа состояния групп гетерогенных робототехнических комплексов», а также в ЦСАМ АО «НТЦ РЭБ» при проведении научных исследований по обнаружению и траекторному сопровождению малоразмерных беспилотных летательных аппаратов для прогнозирования радиолокационной обстановки и выявления аномальных радиосигналов.

*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 машин, комплексов и компьютерных сетей.

*Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем:*

Основные результаты диссертации изложены в достаточной полноте в следующих 12 научных публикациях:

1. Осипов В. Ю., Милосердов Д. И. Нейросетевое прогнозирование событий для роботов с непрерывным обучением // Информационно-управляющие системы. – 2020. – №5(108). – С. 33-42. DOI: 10.31799/1684-8853-2020-5-33-42 («Перечень ВАК», WoS/Scopus)

2. **Милосердов Д. И.** Архитектурные особенности программных систем нейросетевого прогнозирования с непрерывным обучением // Информационные технологии. – 2020. – Т. 26, № 11. – С. 641-647. DOI: 10.17587/it.26.641-647 («Перечень ВАК»)
3. Osipov V., Nikiforov V., Zhukova N., **Miloserdov D.** Urban traffic flows forecasting by recurrent neural networks with spiral structures of layers // Neural Computing and Applications. – 2020. – Vol. 32(209). DOI: 10.1007/s00521-020-04843-5 (WoS/Scopus Q1)
4. Osipov V., Kuleshov S., Zaytseva A., Levonevskiy D., **Miloserdov D.** Neural network forecasting of news feeds // Expert Systems with Applications – 2020. – Vol. 169. DOI: 10.1016/j.eswa.2020.114521 (WoS/Scopus Q1)
5. Osipov V., **Miloserdov D.** Neural Network Forecasting of Traffic Congestion // Digital Transformation and Global Society, DTGS 2019. – In Communications in Computer and Information Science. – 2019. – Vol. 1038. DOI: 10.1007/978-3-030-37858-5\_20 (WoS/Scopus)
6. Osipov V., Zhukova N., **Miloserdov D.** Neural Network Associative Forecasting of Demand for Goods // Experimental Economics and Machine Learning, EEML 2019. – 2019. – Vol. 2479 (WoS/Scopus)
7. **Miloserdov I., Miloserdov D.** Development of Stability Control Mechanisms in Neural Network Forecasting Systems // Journal of Physics: Conference Series, 2021. DOI: 10.1088/1742-6596/1864/1/012105
8. **Милосердов Д. И.** Программный комплекс нейросетевого прогнозирования временных рядов // 5-я Международная научная конференция «Технологическая перспектива в рамках евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста». – 2019. – С. 166-169.
9. Милосердов И.В., **Милосердов Д.И.** Разработка механизмов обеспечения устойчивости в нейросетевых системах прогнозирования (Материалы конференции «Информационные технологии в управлении», 2020 г.) URL: <https://itc.etu.ru/assets/files/itc-2020/papers/198.pdf>
10. **Милосердов Д.И.** Нейросетевое прогнозирование событий для интеллектуальных роботов с непрерывным обучением // Технологические тренды и наукоемкая экономика: бизнес, отрасли, регионы. Коллективная монография. Под редакцией О.Н. Кораблевой [и др.]. – 2020. – С. 27-37. DOI: 10.53115/9785001880134
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019662053. Осипов В. Ю., **Милосердов Д. И.** Программа прогнозирования событий на основе рекуррентных нейронных сетей с управляемыми элементами. 2019.
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020616182. **Милосердов Д. И.** Программа прогнозирования событий с непрерывным обучением на основе рекуррентной нейронной сети с управляемыми элементами. 2020.

Ценность научных работ соискателя заключается в том, что они раскрывают методологию решения задачи разработки моделей, методов и архитектур программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением, поставленной в диссертационном исследовании, 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 «Модели, методы и архитектуры программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением» Милосердова Дмитрия Игоревича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 — математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей. Заключение принято на расширенном семинаре лабораторий интеллектуальных систем, речевых и многомодальных интерфейсов и больших данных социкиберфизических систем. Присутствовало на семинаре 15 чел. Результаты голосования: «за» — 15 чел., «против» — 0 чел., «воздержалось» — 0 чел., протокол № 1 от «11» января 2022 г.

Заведующий лабораторией  
интеллектуальных систем,  
доктор технических наук,  
профессор

Аскандеров  
Юрий Марсович

Руководитель лаборатории  
технологий больших данных  
социкиберфизических систем,  
кандидат технических наук

Левоневский  
Дмитрий Константинович