

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.206.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 12.05.2022 г. № 2

О присуждении Милосердову Дмитрию Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модели, методы и архитектуры программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением» по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» принята к защите 10 марта 2022 г., (протокол заседания №1) диссертационным советом 24.1.206.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 199178, Россия, Санкт-Петербург, 14 линия ВО, дом 39, утвержден приказом Минобрнауки России №105/нк от 11 апреля 2012 г. (с изменениями согласно приказам №574/нк от 15 октября 2014 г., № 386/нк от 27 апреля 2017 г., №748/нк от 12 июля 2017 г., №301/нк от 23 ноября 2018 г., №467/нк от 4 августа 2020 г., №804/нк от 16 декабря 2020 г., № 561/нк от 03 июня 2021г., №384/нк от 19 апреля 2022г).

Соискатель Милосердов Дмитрий Игоревич, «01» апреля 1994 года рождения, в 2018 г. соискатель окончил с отличием магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» по специальности «10.04.01 Информационная безопасность» (диплом № 107824 2756945). Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов № 1/2021, выдано 26 мая

2021 года Федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН). В настоящее время Милосердов Дмитрий Игоревич обучается в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН) и работает инженером-программистом в Центре системного анализа и моделирования – филиале АО «НТЦ РЭБ» (оборонно-промышленный комплекс).

Диссертация выполнена в лаборатории технологий больших данных социокиберфизических систем Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор ОСИПОВ Василий Юрьевич, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН), Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН), директор СПИИРАН.

Официальные оппоненты:

ПРОРОК Валерий Ярославович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», кафедра программно-алгоритмического обеспечения автоматизированных систем управления ракетно-космической обороны, профессор;

БАХШИЕВ Александр Валерьевич, кандидат технических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Высшая школа автоматизации и робототехники Института машиностроения, материалов и транспорта, доцент

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Кухаревым Георгием Александровичем, доктором технических наук, профессором, кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ, профессор; Кринкиным Кириллом Владимировичем, кандидатом технических наук, доцентом, кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ, заведующий кафедрой; Заславским Марком Марковичем, кандидатом технических наук, кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ, ученый секретарь и утвержденном Тупиком Виктором Анатольевичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе СПбГЭТУ «ЛЭТИ», указала, что диссертационная работа Милосердова Дмитрия Игоревича является завершенной научной и квалификационной работой, содержащей законченное решение актуальной научной задачи разработки моделей, методов и архитектур программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением.

Основными научными результатами, обладающими научной новизной и характеризующими личный вклад автора, является разработка:

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

- методов нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением: с временными сдвигами сигналов и без временных сдвигов сигналов, отличающихся новыми правилами прогнозирования и управления ассоциативным вызовом информации из нейросетевой памяти и обеспечивающих высокую точность получаемых прогнозов трудноформализуемых событий.

- параллельной и буферной архитектур программных систем, отличающихся новой структурой и правилами функционирования программных систем

прогнозирования с непрерывным обучением, обеспечивающих программную реализацию предложенных моделей и методов и расширение их функций.

– практических рекомендаций по повышению точности и использованию программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением, обеспечивающих 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.

Предложенные модели, методы и программные архитектуры могут найти применение в перспективных интеллектуальных системах управления и поддержки принятия решений.

Основные результаты работы и перечисленные достоинства позволяют сделать вывод о практической значимости работы и рекомендовать для внедрения в следующих организациях: АО «Интеллектуальные системы», АО «Центр прототипирования и внедрения отечественной робототехники», ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский институт экономики и управления», ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта».

Диссертационная работа Милосердова Дмитрия Игоревича является завершенной научной и квалификационной работой, содержащей законченное решение актуальной научной задачи разработки моделей, методов и архитектур программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением.

Основное содержание работы, выводы и результаты диссертационных исследований в достаточной степени отражены в автореферате. Автореферат полностью соответствует диссертационной работе и содержит все необходимые составляющие.

Диссертация Д.И. Милосердова отвечает требованиям пунктов 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 11.09.2021 № 1539), а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 –

«Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Настоящий отзыв на диссертационную работу Д.И. Милосердова рассмотрен и утвержден на заседании кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ «ЛЭТИ», присутствовало _ человека, протокол № 4 от «19» апреля 2022 г.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ. В изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, опубликовано 2 работы, индексируемых в WoS/Scopus – 6, имеется 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Основные научные результаты опубликованы в 12 научных трудах общим объемом 8,1 п.л., из которых объем личного вклада соискателя составляет 4,38 п.л. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Осипов В. Ю., **Милосердов Д. И.** Нейросетевое прогнозирование событий для роботов с непрерывным обучением // Информационно-управляющие системы. – 2020. – №5(108). – С. 33-42. *Личный вклад соискателя – 50%.*
2. **Милосердов Д. И.** Архитектурные особенности программных систем нейросетевого прогнозирования с непрерывным обучением // Информационные технологии. – 2020. – Т. 26, № 11. – С. 641-647.
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). *Личный вклад соискателя – 35%.*
4. Osipov V., Kuleshov S., Zaytseva A., Levonevskiy D., **Miloserdov D.** Neural network forecasting of news feeds // Expert Systems with Applications – 2020. – Vol. 169. *Личный вклад соискателя – 20%.*
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. *Личный вклад соискателя – 50%.*

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. *Личный вклад соискателя – 40%.*
7. Miloserdov I., **Miloserdov D.** Development of Stability Control Mechanisms in Neural Network Forecasting Systems // Journal of Physics: Conference Series, 2021. *Личный вклад соискателя – 75%.*
8. 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. *Личный вклад соискателя – 75%.*
9. 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.

Оригинальность содержания диссертации составляет не менее 88% от общего объёма текста; цитирование оформлено корректно; заимствованного материала, использованного в диссертации без ссылки на автора либо источник заимствования, не обнаружено; научных работ, выполненных соискателем учёной степени в соавторстве без ссылок на соавторов не выявлено. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации отсутствуют.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов, все отзывы положительные:

1. ФГКВОУ ВПО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная орденов Ленина и Октябрьской революции, дважды Краснознамённая, орденов Кутузова и Жукова академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина». Отзыв составил старший преподаватель 111 кафедры радиотехнических систем (и средств обеспечения полетов), к.т.н., Фуфаев С.А. Замечания: Область применения предлагаемых систем четко не очерчена. Эксперименты проводились на примерах прогнозирования параметров городского трафика и лексического содержания новостных лент, а это задачи из разных прикладных областей. Не ясно, почему выбраны именно эти примеры. Не

ясно, какую роль в модели системы прогнозирования играют результаты распознавания. В описании метода прогнозирования в условиях коротких выборок, шумов и пропусков не раскрыты механизмы очистки от шумов. Не ясно, как удлинение выборки способствует уменьшению шума. Обращает на себя внимание невысокое качество оформления автореферата: некоторые подписи к рисункам и таблицы «уехали» на следующие страницы.

2. ФГКВОУ ВО Военный учебно-научный центр Военно-морского флота «ВМА им. Н.Г. Кузнецова» Научно-исследовательский институт оперативно-стратегических исследований строительства ВМФ. Отзыв составили начальник 21 научно-исследовательского отдела Научно-исследовательского центра телекоммуникационных технологий ВМФ, корабельных комплексов и средств обмена информацией и разведки, к.т.н., Кулаев А.И., старший научный сотрудник 14 научно-исследовательского отдела Научно-исследовательского центра телекоммуникационных технологий ВМФ, корабельных комплексов и средств обмена информацией и разведки, к.воен.н., Цыванюк В.А. Замечания: Вызывают вопросы использования термина «событие», если в самом исследовании прогнозируются временные ряды. Не ясно, что автор понимает под событиями, поскольку формального определения в автореферате не приведено. Описание процесса обучения и прогнозирования по методу без временных сдвигов на стр. 7 содержит опечатку. В описании метода вместо «копирование весов синапсов РНС-1 в РНС-2» корректно указать «копирование весов синапсов и состояний слоев РНС-1 в РНС-2».

3. ООО «Конструкторское бюро «Курс». Отзыв составил главный конструктор, к.т.н., Шуст М.П. Замечания: Недостаточно освещены характеристики временных рядов и требования к ним. При описании модели прогнозирования с непрерывным обучением не раскрыты назначение и характеристики блоков предобработки и постобработки сигнально-кодовых конструкций.

4. Центр системного анализа и моделирования – филиал АО «Научно-технический центр радиоэлектронной борьбы». Отзыв составил директор ЦСАМ АО «НТЦ РЭБ», д.т.н., доцент Овчаренко Л.А. Замечания: В работе предложены

два метода прогнозирования: с временными сдвигами и без временных сдвигов, причем используемый метод выбирается с учетом априорных знаний об особенностях временных рядов. Однако отсутствуют правила выбора метода в ситуациях, когда априорная информация о временных рядах отсутствует (например, если заранее неизвестно, будут ли пропуски значений во временном ряде и целесообразно ли использовать метод без временных сдвигов). Не раскрыты особенности кодирования значений временного ряда в формат нейронной сети, особенно в случаях отсутствия априорной информации о временных рядах. В автореферате также нет информации о правилах выбора глобальных параметров нейронных сетей, таких как скорость обучения, пороги возбуждения нейронов и т.п.

5. ОАО «Авангард». Отзыв составил заместитель генерального директора – директор по научной работе, к.т.н., доцент Воробьев В.А. Замечания: В работе добротной представлена теоретическая часть, однако программная составляющая раскрыта недостаточно. Описание параллельной архитектуры занимает один абзац и использует общие слова, не раскрывающие сути предлагаемых решений («конкретизирована», «уточнена» и т.п.). Рисунки сжаты и загрязнены, надписи трудно читаемы. Подписи к рисункам местами «уехали» на новые страницы, что затрудняет восприятие материала. Содержание подписей также не всегда отражает используемые в рисунках условные обозначения. Например, не ясно, что означает выделение некоторых блоков жирным контуром на рис. 3в и рис. 4в? Указывается, что буферная архитектура позволяет снизить объем требуемой памяти в общем случае в два раза. Было бы более наглядным и практически ценным увидеть долю экономии не в общем случае, а в случаях решения конкретных задач, рассмотренных в главе 4. Не раскрыта суть «результатов распознавания», имеющих место на выходе РНС-1 в обобщенной модели системы прогнозирования. В чем заключается распознавание и для чего нужны его результаты?

6. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО». Отзыв составил доцент факультета безопасности информационных технологий, к.т.н., доцент Будько М.Ю. Замечания: В названии исследования и основных результатах используется понятие «прогнозирование событий», но в самой работе

речь идет о прогнозировании временных рядов. Следовало бы использовать единую терминологию, или привести в автореферате пояснение связи между событиями и временными рядами. Имеются недостатки оформления автореферата, в частности, отмечено низкое качество рисунков, что затрудняет прочтение надписей на них.

7. ООО «ЮНИС». Отзыв составил начальник технического отдела, к.т.н., Гирик А.В. Замечания: Не раскрыта сущность понятий «объект, в интересах которого осуществляется прогнозирование», «трудноформализуемое событие». Не раскрыта природа анализируемых временных рядов. Примеры из четвертой главы (ряды, содержащие информацию о скорости, объеме трафика и т. д.) содержат вполне формализуемые данные, их связь с «трудноформализуемыми событиями» не совсем ясна. В четвертой главе в сравнении моделей участвуют «модель ARIMA», «нейронная сеть LSTM», однако не приводятся сведения об их настройках и соответствии этих настроек используемым настройкам для ИНС, используемых предлагаемым соискателем методом, что заставляет сомневаться в однозначности результатов, представленных в таблице 1.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что д.т.н., профессор Пророк В.Я. является известным ученым в области прогнозирования трудноформализуемых событий и нейросетевой обработки информации (разработаны подходы к нейросетевому моделированию движения маневрирующих летательных аппаратов на основе нечетких нейронных сетей); к.т.н. Бахшиев А.В. – известный специалист в области искусственных нейронных сетей (предложены подходы к моделированию поведенческих функций и формированию ассоциативных связей на основе спайковых нейронных сетей); ведущая организация, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), является известной как в России, так и за рубежом организацией в области разработки и создания интеллектуальных систем различного назначения (разработан способ обнаружения аномалий на основе машинного обучения, предложен нейросетевой классификатор текстовой информации, позволяющий решать задачу классификации с точностью

более 80%), кроме того, широко известны достижения ее специалистов в области нейросетевого прогнозирования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий, отличающаяся тем, что прогнозирование выполняется при непрерывном обучении системы;

предложены:

оригинальная модель системы нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением, отличающаяся своей структурой и правилами обработки сигналов, позволяющая выполнять оперативное прогнозирование и одновременно учитывать изменения в законах проявления событий;

новые 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, что позволяет получать прогнозы таких событий с высокой точностью;

оригинальные архитектуры программных систем: параллельная и буферная архитектуры, отличающиеся новой структурой и правилами функционирования программных систем прогнозирования с непрерывным обучением, обеспечивающие программную реализацию моделей и методов прогнозирования с непрерывным обучением, а также расширение их функций;

новые рекомендации по повышению точности и использованию разработанных программных систем нейросетевого прогнозирования с непрерывным обучением, определяющие правила выбора конфигурации слоев нейронных сетей, метода и программной архитектуры в зависимости от условий прогнозирования;

доказана перспективность использования предложенных моделей, методов и архитектур в приложениях, требующих прогнозирования временных рядов со сложной динамикой и влиянием большого числа неявно связанных факторов;

введены:

- новое понятие прогнозирования с непрерывным обучением, сущность которого заключается в использовании параллельно работающих нейронных сетей, одна из которых непрерывно обучается, а прогнозирование возлагается на вторую нейронную сеть.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны сформулированные в работе утверждения с использованием результатов вычислительных экспериментов. Эти утверждения составляют основу моделей, методов и архитектур программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс методов системного анализа и синтеза, интеллектуальной обработки данных, современная теория нейросетевого прогнозирования, а также методы оптимизации программных систем;

изложены

цели и условия прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением;

раскрыты

проблемные аспекты применения имеющихся подходов к прогнозированию временных рядов в условиях сложной динамики и влияния большого числа неявно связанных факторов;

особенности трудноформализуемых процессов, существенные с точки зрения прогнозирования;

изучены существующие методы прогнозирования трудноформализуемых событий с применением традиционных и эвристических моделей, при этом отдельное внимание уделено рассмотрению вопросов непрерывности обучения систем прогнозирования;

проведена модернизация существующих рекуррентных нейронных сетей с управляемыми элементами, заключающаяся в разработке новых правил управления ассоциативным вызовом информации из нейросетевой памяти.

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

разработаны и внедрены следующие результаты диссертационной работы:

- методы нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением

- архитектуры программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением

использованы в НИР СПб ФИЦ РАН №0073-2019-0001 «Теоретические основы и алгоритмические модели когнитивного управления, взаимодействия и анализа состояния групп гетерогенных робототехнических комплексов». Использование результатов диссертационной работы позволило повысить точность получаемых прогнозов трудноформализуемых событий в интересах робототехнических комплексов за счет использования новых правил управления ассоциативной обработкой информации в потоковых рекуррентных нейронных сетях;

- методы нейросетевого прогнозирования событий с непрерывным обучением

- программный продукт, реализующий методы прогнозирования, выполненный с использованием фреймворка Qt

использованы 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. Внедрение результатов диссертации позволило снизить вероятности пропусков аномальных сигналов и ложного срабатывания;

определены возможности и перспективы практического использования полученных результатов диссертации при получении прогнозов в отраслях, где осуществляется интеллектуальная обработка процессов, на формирование которых оказывает влияние большое число неявно связанных факторов;

создана обобщенная модель системы прогнозирования, обеспечивающая непрерывное обучение и позволяющая оперативно обновлять пространственно-временную модель событий для получения точных прогнозов, ставшая основой для

разработки методов и архитектур программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением;

представлены предложения и направления для дальнейших научных исследований, в основу которых могут быть положены разработанные модели, методы и архитектуры.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность полученных результатов подтверждена проведением всестороннего анализа 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;

теория построена на известных принципах, проверенных данных и фактах с использованием современных известных и апробированных методов исследования, согласуется с опубликованными частными результатами других исследователей;

идея базируется на анализе работ отечественных и зарубежных исследователей в области нейросетевой обработки информации и прогнозирования событий;

использованы полученные характеристики для сравнения с данными, приведенными в современной научной литературе по прогнозированию трудноформализуемых событий;

установлено качественное и количественное соответствие результатов решения задачи разработки моделей, методов и архитектур программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением. При этом подтверждено преимущество предложенного подхода перед результатами, полученными другими авторами.

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации для проведения вычислительных экспериментов, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов (единиц) наблюдения и измерения.

Личный вклад соискателя состоит в:

- анализе проблемы прогнозирования трудноформализуемых событий, определении целей и условий такого прогнозирования, а также основных свойств трудноформализуемых событий, существенных с точки зрения прогнозирования;
- исследовании и классифицировании существующих моделей и методов прогнозирования событий, определении ключевых недостатков и ограничений;
- постановке задачи разработки моделей, методов и архитектур программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением;
- участии в разработке обобщенной модели и методов нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением, а именно: введении в модель блоков пред- и постобработки; введении в блок управления прогнозированием новых функций, связанных с функционированием буферной архитектуры программной системы прогнозирования; определении порядка и правил выполнения кодирования и декодирования данных; программной реализации и проведении вычислительных экспериментов с целью проверки работоспособности модели и методов; введении программных решений, расширяющих возможности модели и методов по нейросетевому прогнозированию трудноформализуемых событий;
- разработке параллельной и буферной архитектур программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением;
- проведении экспериментов на нескольких общедоступных наборах данных и получении основных показателей разработанных моделей, методов и программных архитектур;
- получении научно обоснованных практических рекомендаций по повышению точности и использованию программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением;
- подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В диссертации не представлены формальные критерии «трудноформализуемых» событий;
2. Не очерчена четко прикладная проблема, для решения которой разрабатывается система прогнозирования. В четвертой главе представлены результаты прогнозирования показателей городского дорожного трафика и словарного содержания новостей, но не отмечено, какие задачи могут решаться с помощью этих прогнозов;
3. Недостаточно освещены характеристики временных рядов и требования к ним.

Соискатель Милосердов Д.И. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Согласился с замечаниями и отметил, что критерии того, что исследуемый процесс является трудноформализуемым и необходимо применение разработанной системы, существенно разнятся в зависимости от конкретной прикладной области. Зафиксировал, что в работе рассмотрены трудноформализуемые события на примере городского трафика и лексического содержания новостей с пояснением критериев их трудноформализуемости.
2. Предлагаемая система может применяться для решения задач из широкого круга областей, где требуются прогнозы событий в условиях влияния множества переменных во времени факторов. В диссертации не конкретизируется область применения разработанной системы, но вместо этого по ряду признаков определяется класс задач, для решения которых она может успешно применяться. С помощью прогнозов дорожного трафика могут решаться задачи по управлению городской транспортной инфраструктурой, или же прогнозы могут использоваться для планирования пути перспективными беспилотными транспортными средствами. Прогнозы новостей могут использоваться для принятия решений в областях деятельности, на которые оказывает влияние информационный фон. К таким областям относится торговля, правопорядок и др.

3. Строгих требований к обрабатываемым временным рядам нет, однако конфигурация системы прогнозирования зависит от свойств этих рядов. В связи с этим необходима некоторая априорная информация о свойствах временного ряда либо период накопления истории для получения этой информации. Основным требованием является возможность кодирования элементов временного ряда на бинарных матрицах, соразмерных с логическими полями РНС, при обеспечении требуемого уровня точности кодирования. В связи с этим необходима информация о диапазоне значений временного ряда, наличии/отсутствии тренда, случайных выбросов.

На заседании 12.05.2022 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи разработки моделей, методов и архитектур программных систем нейросетевого прогнозирования трудноформализуемых событий с непрерывным обучением, имеющей значение для развития отрасли науки, связанной с прогнозированием трудноформализуемых событий рекуррентными нейронными сетями, присудить Милосердову Д.И. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 18, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Заместитель председателя диссертационного совета
доктор технических наук,
профессор РАН

Ронжин Андрей Леонидович

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат технических наук

Абрамов Максим Викторович

12.05.2022 г.