

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д.212.173.06,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 29.06.2022 г. протокол № 3

О присуждении Сивак Марии Алексеевне, гражданке РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Робастное обучение нейронных сетей с простой архитектурой для решения задач классификации» по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики» принята к защите «25» апреля 2022 г. (протокол заседания № 9) диссертационным советом Д 212.173.06, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования РФ, 630073, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, создан на основании приказа №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Сивак Мария Алексеевна, 1 декабря 1994 года рождения. В 2018 году соискатель окончила магистратуру по направлению «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования РФ. Соискатель продолжает обучение в аспирантуре Новосибирского государственного технического университета по специальности 09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника». Срок обучения в аспирантуре: с 01.09.2018 года по 31.08.2022 г. Работает ассистентом кафедры теоретической и прикладной информатики в ФБГОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет».

Диссертация выполнена на кафедре теоретической и прикладной информатики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Тимофеев Владимир Семенович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра теоретической и прикладной информатики, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

1. Марков Николай Григорьевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», отделение Информационных технологий, профессор отделения;

2. Осипов Александр Леонидович, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный университет экономики и управления “НИНХ”», кафедра Информационных технологий, доцент кафедры; дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» (ФИЦ ИВТ), г. Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанном Пестуновым Игорем Алексеевичем, кандидатом физико-математических наук, доцентом, ведущим научным сотрудником, и.о. заведующего лабораторией аэрокосмического мониторинга и обработки данных ФИЦ ИВТ (совместно с АлтГУ) и утвержденном Медведевым Сергеем Борисовичем, доктором физико-математических наук, и.о. директора Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий, указала, что диссертационная работа Сивак Марии Алексеевны «... соответствует требованиям, установленным в пп. 9-14 Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики, а её автор Сивак Мария Алексеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности».

По теме диссертации соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе 3 научные публикации в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, 2 научные публикации, индексируемые в международных информационно-

аналитических системах научного цитирования Web of Science и/или Scopus, 5 публикаций в материалах и докладах Международных и Российских конференций. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Авторский вклад соискателя в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 50%. Общий объем опубликованных работ составляет 5,2 п.л.

Основные публикации по теме диссертации:

*Публикации в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК РФ*

1. Тимофеев, В. С. Робастная нейронная сеть с простой архитектурой / В. С. Тимофеев, М. А. Сивак // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2021. – Т. 24, № 4. – С. 126–138.

2. Сивак, М. А. Настройка робастных нейронных сетей для решения задачи классификации / М. А. Сивак, В. С. Тимофеев // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2021. – Т. 24, № 3. – С. 26–32.

3. Сивак, М. А. Система поддержки принятия решений для анализа образовательных данных в вузе / М. А. Сивак, В. М. Стасышин // Информатизация и связь. – 2019. – № 5. – С. 128–132.

*Публикации в рецензируемых международных изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus*

4. Oilfield Classification with Various Neural Networks / М. А. Sivak [et al.] // 2021 XV International Scientific-Technical Conference on Actual Problems Of Electronic Instrument Engineering (APEIE). – 2021. – P. 600–603.

5. Skvortsova, E. Statistical Methods in the Problem of Studying Apology Speech Formulas and Their Satellites in the English language / E.B. Skvortsova, M.A. Pepelyaeva [M.A. Sivak], A.I. Bochkarev // 2018 XIV International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE). Vol. 1. – 2018. – P. 33–36.

*Прочие публикации*

6. Сивак, М. А. Исследование применимости робастных функций потерь в нейронных сетях / М. А. Сивак // Сборник научных трудов НГТУ. – 2020. – № 4. – С. 50–58.

7. Сивак, М. А. Классификация зашумленных данных при различных объемах выборки / М. А. Сивак // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр.: в 9 ч., Новосибирск, 6-10 дек. 2021 г. Ч. 2. – Изд-во НГТУ, 2021. – С. 277–279.

8. Сивак, М. А. Оптимизация работы робастной нейронной сети для задачи классификации / М. А. Сивак, В. С. Тимофеев // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр.: в 9 ч., Новосибирск, 30 нояб.-4 дек. 2020 г. Ч. 2. – Изд-во НГТУ, 2020. – С. 298–300.

9. Сивак, М. А. Построение робастных нейронных сетей с различными функциями потерь / М. А. Сивак, В. С. Тимофеев // Системы анализа и обработки данных. – 2021. – Т. 82, № 2. – С. 67–83.

10. Сивак, М. А. Применение нейронных сетей различной архитектуры для решения задачи фильтрации спама / М. А. Сивак, В. С. Тимофеев // Наука. Технологии. Инновации: сб. науч. тр.: в 9 ч., Новосибирск, 2-6 дек. 2019 г. Ч.2. – Изд-во НГТУ, 2019. – С. 231–232.

*Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ:*

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Модуль для построения робастных нейронных сетей (RobustNN) / М. Сивак, В. Тимофеев (Россия). – № 2021618329 ; заявл. 26.05.2021 ; опубли. 26.05.2021. – 1 с.

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Модуль прогнозирования параметров добычи нефти системы Estimating Performance of System Investment in Long-term Oil production using Neuronet / В. Тимофеев [и др.] (Россия). – № 2020667173 ; заявл. 23.11.2020 ; опубли. 21.12.2020. – 1 с.

Все выносимые на защиту положения получены автором лично.

На диссертацию и автореферат поступили 7 отзывов (все положительные):

1. Квятковская Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Астраханский государственный технический университет", проректор по учебной работе, г. Астрахань.

Замечания: 1) Не совсем понятно, как строился график на рисунке 2 зависимости плана от параметров. На странице 12 представлено описание плана как вектора. 2) Существуют классические подходы по устранению аномальных, зашумленных данных в ходе преподготовки их для дальнейшего анализа и использования в задачах классификации. Каковы были бы временные различия в поиске решения задачи классификации слабо зашумленных данных классическим и

предложенным автором методами – в работе не показано. Судя по всему, точность классификации отличается в таком случае не сильно.

2. Татьяна Николаевна Швецова-Шиловская, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное унитарное предприятие "Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии", научно-исследовательское отделение управления риском на опасных химических объектах, начальник отделения, г. Москва.

Замечания: 1) Автор показывает (стр.12-14), что для двух разных планов эксперимента разработанное программное обеспечение дает основание считать один из них «более качественным». Однако нет пояснения какой критерий качества при этом был использован и почему? 2) В автореферате нет информации о проведенных исследованиях временных затрат реализованных алгоритмов. Кроме того, из текста автореферата неясно модулем чего является разработанное программное обеспечение.

3. Деменков Павел Сергеевич, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук", лаборатория компьютерной протеомики, научный сотрудник, г. Новосибирск.

Замечания: 1) На стр. 8 указано, что в качестве функции активации в данной работе используется сигмоида. Проводились ли подобные исследования для других функций активации? 2) На стр. 18 указано, что программный модуль может быть использован для организации работы в трех режимах: в режиме обучения качества модели и получения ответа для конкретного объекта. Можно ли использовать данный модуль в режиме дообучения модели?

4. Кузьмин Алексей Константинович, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.", кафедра "Прикладные информационные технологии и коммуникации", доцент кафедры, г. Саратов.

Замечания. 1) Автор исключил из рассмотрения функцию потерь Хампеля, обосновывая это необходимостью настройки трех параметров, что привело бы к увеличению вычислительных затрат. Возникает вопрос о степени увеличения вычислительных затрат и о том, насколько это оказывало бы влияние на практическую применимость предлагаемых подходов. 2) В ходе применения предложенных подходов для решения реальной прикладной задачи классификации нефтегазовых месторождений изначально была проведена кластеризация

имеющейся выборки. При анализе автореферата возникло два вопроса: а) была ли дана интерпретация получающихся трёх кластеров  $q_1$ ,  $q_2$  и  $q_3$ ? б) насколько репрезентативной является используемая выборка, состоящая из 96 наблюдений? 3) В приведённом описании модели сети не участвуют значения смещений (bias) нейронов. Хотелось бы увидеть расширение описанных подходов и на нейросети со смещениями нейронов. 4) В рамках будущих научных исследований автора хотелось бы увидеть ответы на вопросы: а) имеются ли какие-либо особенности применения робастных функций потерь в условиях внедрения регуляризации, инерционности, адаптивной скорости обучения и прочих известных модификаций алгоритма б) насколько применим робастный подход к обучению более сложных (например, сверточных) нейросетевых архитектур.

5. Сенашов Сергей Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», кафедра Информационно-экономических систем, заведующий кафедрой, г. Красноярск.

Замечания: 1) При исследовании алгоритмов автор использует зашумление исходных данных, основанное только на нормальных распределениях (формула (5) на стр.12). Проводились ли исследования точности работы сети при других распределениях шума? 2) При демонстрации результатов сравнения процесса обучения нейронной сети с использованием разных планов экспериментов (см. стр. 12- 13) приведены результаты только для робастной нейронной сети. Наблюдаются ли аналогичные эффекты при обучении классическими алгоритмами?

6. Лапина Мария Анатольевна, кандидат физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», институт Цифрового развития, кафедра Информационной безопасности автоматизированных систем, доцент кафедры, г. Ставрополь.

Замечание. Недостаточно подробно описаны результаты, полученные при решении задачи определения местоположения проводника в кровеносном сосуде.

7. Ходашинский Илья Александрович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», кафедра комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем факультета безопасности, профессор кафедры, г. Томск.

Светлаков Михаил Олегович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», кафедра комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем факультета безопасности, преподаватель кафедры, г. Томск.

Замечания: 1) В тексте автореферата не указано, использовался ли механизм кросс-валидации. 2) Значения точности классификации необходимо приводить для обучающей и тестовой выборки. Это особенно важно при достижении точности, близкой или равной 1 (рис. 3), что бы понять, не переобучена ли модель. 3) В результатах, перечисляющих функции потерь, которые показали наибольший выигрыш в точности, не хватает указания вычислительной сложности предложенных функций.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией и значительными достижениями в данной отрасли науки, а также наличием большого числа публикаций по тематике, близкой к представленной в диссертации.

Доктор технических наук, профессор **Марков Н.Г.** – признанный специалист в области методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных, в том числе искусственных нейронных сетей с различной архитектурой.

Кандидат технических наук, доцент **Осипов А.Л.** является автором большого количества работ, посвященных математическому моделированию в различных предметных областях и применению нейросетевых технологий для решения задач классификации и прогнозирования.

В Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» (ФИЦ ИВТ) в лаборатории аэрокосмического мониторинга и обработки данных (совместно с АлтГУ) на постоянной основе проводятся исследования в области искусственных нейронных сетей и алгоритмов их обучения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработан** подход к построению робастных нейронных сетей с простой архитектурой;

**предложена** модификация алгоритма обратного распространения ошибки, основанная на использовании робастных функций потерь вместо квадратичной;

**показана** применимость различных робастных функций потерь в алгоритме обратного распространения ошибки;

для повышения точности работы нейронных сетей **введен** в рассмотрение подход к формированию наборов данных на основе идей теории оптимального планирования эксперимента.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказан** ряд утверждений, показывающих применимость робастных функций потерь в нейронных сетях и позволяющих построить робастную модификацию алгоритма обратного распространения ошибки;

**применительно к тематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы** методы статистического моделирования, что позволило сформулировать рекомендации относительно выбора значений параметров робастных функций потерь;

предложен и **изложен** робастный алгоритм обратного распространения ошибки в общем виде;

**раскрыты** особенности использования нейронных сетей при наличии нетипичных наблюдений в данных;

**изучена** устойчивость построенных робастных нейронных сетей при анализе зашумленных данных;

**проведена модернизация** алгоритма обратного распространения ошибки.

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

**разработанный** алгоритм робастного обучения искусственных нейронных сетей и **созданный** программный модуль для построения робастных нейронных сетей «RobustNN» **внедрены** в аналитическую деятельность Татарского научно-исследовательского и проектного института нефти публичного акционерного общества «Татнефть» имени В.Д. Шашина, а также в учебный процесс кафедры теоретической и прикладной информатики НГТУ;

**определены** перспективы применения разработанного программного модуля для решения различных задач классификации с использованием робастных нейронных сетей;

**представлены** результаты решения задачи классификации нефтяных месторождений и задачи определения местоположения проводника в сосуде при коронарном стентировании;

Диссертационное исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90077, Министерства науки и высшего образования в рамках Госзадания (проект № FSUN-2020-0009), федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям

развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» (проект № 075-15-2019-1853), а также в рамках выполнения научно-исследовательских работ по договору № 0750/2021/4150.

Разработанное программное обеспечение зарегистрировано в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021618329 от 26.05.2021).

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** использовалась технология статистического моделирования, реализованная с использованием программных модулей и библиотек языка Python 3.6;

**теория** построена на известных положениях математического анализа, прикладной математической статистики, регрессионного анализа, теории планирования эксперимента, достоверность и обоснованность научных положений, рекомендаций и выводов обеспечивается корректным использованием методов исследования, а также подтверждением полученных выводов результатами вычислительных экспериментов;

**идея базируется** на использовании робастных функций потерь вместо квадратичной в алгоритме обратного распространения ошибки с сохранением основных шагов алгоритма;

**использовано** сравнение усредненных значений точности работы робастных нейронных сетей и классической, полученных в результате проведения множества вычислительных экспериментов;

**установлено**, что робастные нейронные сети дают существенный выигрыш в точности работы и в скорости обучения по сравнению с классической моделью;

для сравнения точности классификации **использованы** разные подходы к формированию планов эксперимента.

**Личный вклад соискателя состоит:**

в исследовании применимости идей робастного подхода при построении нейронных сетей;

в разработке и реализации робастного алгоритма обратного распространения ошибки;

в исследовании свойств построенных робастных нейронных сетей и формировании рекомендаций по их настройке;

в разработке программного модуля «RobustNN», позволяющего строить робастные нейронные сети с произвольной простой архитектурой;

в решении реальных прикладных задач технического характера с использованием разработанного алгоритма обучения нейронных сетей и программного обеспечения.

В ходе защиты было высказано следующее критическое замечание: в работе представлены исследования только для нейронных сетей с одним скрытым слоем.

Соискатель Сивак М.А. согласилась с замечанием, отметив, что исследования для более сложных сетей проводились, но их результаты не вошли в диссертационную работу, при этом выигрыш в точности зависел от природы данных.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные решения, имеющие существенное значение для развития методов машинного обучения и использования искусственных нейронных сетей при анализе различных зашумленных данных, в том числе при наличии нетипичных наблюдений. Работа соответствует п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842.

На заседании «29» июня 2022 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей значение для развития методов машинного обучения, присудить Сивак Марии Алексеевне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.13.17, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, нет человек дополнительно введенных на разовую защиту, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета

Учёный секретарь  
диссертационного совета

 Борис Юрьевич Лемешко

Андрей Владимирович Фаддеенков

29 июня 2022 г.