

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

**Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.04
по диссертации Ахметзянова Кирилла Раисовича
на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Диссертация «Нейро-сетевые методы и алгоритмы самообучения при обработке данных в системе автоматизации процесса сортировки бытовых отходов» по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности) принята к защите 1 октября 2021 года (протокол заседания № 4) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.04, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от 01 октября 2019 г. № 68-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым-четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. № 1792-р.

Диссертация выполнена на кафедре «Автоматика и телемеханика» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Южаков Александр Анатольевич, заведующий кафедрой «Автоматика и телемеханика» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Официальные оппоненты:

1. Катасёв Алексей Сергеевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (г. Казань);

2. Скакун Анастасия Дмитриевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры систем автоматического управления ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (г. Санкт-Петербург),

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (г. Томск) (отзыв ведущей организации утвержден первым проректором, доктором технических наук, профессором Шурыгиным Юрием Алексеевичем, заслушан на расширенном заседании кафедры Комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем и подписан заведующим кафедрой Комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем, доктором технических наук, профессором Шелупановым Александром Александровичем, ученым секретарем кафедры Комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем, кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры Комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем Костюченко Евгением Юрьевичем).

По теме диссертации соискателем опубликовано 14 научных трудов, из них: 7 статей в журналах, входящих в перечень ведущих журналов и изданий, рекомендуемых ВАК; 3 в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus; 1 патент на полезную модель и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, остальные – в тезисах докладов, материалах конференций и прочих источниках. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем публикациях. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Akhmetzyanov, K. R. Neural Network Development Based on Knowledge about Environmental Influence / K. R. Akhmetzyanov, A. A. Yuzhakov, A. N. Kokoulin // Proceedings of the 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering – 2020. – P. 218-221.

2. Ахметзянов, К. Р. Сравнение сверточных нейронных сетей для задач сортировки мусорных отходов / К. Р. Ахметзянов, А. А. Южаков // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2018. – № 6. – С. 27-32.

3. Ахметзянов, К. Р. Увеличение точности сверточной нейронной сети за счет возрастания количества данных / К. Р. Ахметзянов, А. А. Южаков // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2018. – № 7. – С. 14-19. – DOI 10.18127/j19998554-201807-03.

4. Ахметзянов, К. Р. Оптимизация вычислений нейронной сети / К. Р. Ахметзянов, А. И. Тур, А. Н. Кокоулин, А. А. Южаков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – № 36. – С. 117-130.

5. Ахметзянов, К. Р. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019664159 Российская Федерация. Программа бинокулярного зрения с учетом расстояния до объекта / К. Р. Ахметзянов, А. И. Тур, А. Н. Кокоулин, А. А. Южаков. – М.: Роспатент, 2019.

В данных работах соискатель представил основные результаты своей исследовательской деятельности: провел анализ принципов функционирования существующих систем автоматизированной сортировки бытовых отходов; построил критерии оптимизации гиперпараметров для автоматизированной сортировки бытовых отходов, разработал метод оптимизации сверточной нейронной сети с комплексом заданных гиперпараметров для повышения качества процесса обучения; разработал метод оптимизации вычислительных затрат при построении модели автоматической классификации изображений бытовых отходов; разработал метод автоматического обучения распознавания при сортировке бытовых отходов; внедрил предложенные методы оптимизации гиперпараметров и вычислительных затрат в устройство по автоматизированной сортировке бытовых отходов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая технология сортировки бытовых отходов, отличающаяся автоматическим самообучением предложенной нейронной сети, которая позволяет повысить ее точность;

предложен алгоритм самообучения в автоматизированной системе сортировки бытовых отходов, позволяющий снизить вычислительные затраты при оперативном обучении сети на примерах (данных), представляемых организациями, производящими сортировку отходов;

доказана перспективность использования в практике предложенного алгоритма самообучения для автоматизированных систем, обладающих ограниченными вычислительными ресурсами;

введены новые термины, связанные с многозадачностью обучения нейронной сети.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны эффективность положений методик обучения нейронной сети, вносящих вклад в расширение представлений об автоматизации технологических процессов;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс существующих методов построения нейронных сетей, теории машинного обучения, обработки изображений, распознавания образов, теории оптимизации, теории планирования и обработки экспериментальных данных;

изложены этапы автоматического обучения нейронной сети для повышения эффективности использования вычислительных ресурсов и уменьшения времени распознавания без потери точности распознавания;

раскрыты новые проблемы автоматизации процесса сортировки бытовых отходов с использованием компьютерного зрения и нейронных сетей;

изучены связи между получаемыми с помощью нейронной сети представлениями и объектами сортировки;

проведена модернизация существующих методов обучения нейронных сетей, позволяющая обеспечить высокую точность классификации изображений при ограниченных вычислительных ресурсах.

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

разработан и внедрен метод самообучения нейронных сетей в подсистему распознавания автоматизированного устройства сортировки бытовых отходов «Сортомат», что позволило уменьшить общее время обучения нейронной сети в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. Предложенные научные основы создания и исследования принципов обучения нейронных сетей с учетом многокритериальной и многозадачной оптимизации нашли применение в дисциплинах бакалавриата и магистратуры, реализуемых в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»;

определены перспективы практического использования разработанного метода самообучения нейронной сети в сфере утилизации и отдельного приема отходов;

создана система практических рекомендаций обучения нейронной сети для автоматизации технологических процессов сортировки бытовых отходов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показано, что результаты исследований различных режимов работы системы распознавания «Сортомат» не противоречат результатам аналитического и имитационного моделирования;

теория построена на воспроизводимых и проверяемых данных, не противоречит результатам, представленным в литературе другими исследователями;

идея базируется на анализе и обобщении передового опыта применения методов проектирования нейронных сетей, основанных на автоматическом поиске оптимальных конфигураций;

использованы современные статистические методы обработки информации с получением количественных показателей эффективности использования вычислительных ресурсов системы распознавании бытовых отходов.

Личный вклад соискателя состоит в участии на всех этапах процесса диссертационного исследования, а именно: им проведен анализ существующих систем автоматизированной сортировки бытовых отходов, построены критерии оптимизации, разработаны методы обучения и оптимизации нейронных сетей, проведены экспериментальные исследования с использованием системы автоматизированной сортировки бытовых отходов, подготовлены основные публикации по теме диссертации.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 09 января 2018 г. № 1-О: в ней изложены новые научно обоснованные технические решения по автоматизации процессов сортировки бытовых отходов с применением методов компьютерного зрения, позволяющие уменьшить количество вычислительных ресурсов и имеющие важное значение для развития технологий обучения нейронных сетей в подсистемах компьютерного зрения АСУТП .

На заседании «10» декабря 2021 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.04 принял решение присудить Ахметзянову Кириллу Раисовичу ученую степень кандидата технических наук (протокол заседания № 8).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 8 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 12, против присуждения ученой степени – 0, не участвовавших в голосовании – 4.

Председательствующий на заседании

заместитель председателя диссертационного совета

Д ПНИПУ.05.04,

д-р техн. наук, профессор



___ / Шумихин Александр Георгиевич /

Ученый секретарь диссертационного

Д ПНИПУ.05.04,

д-р техн. наук, доцент



___ / Фрейман Владимир Исаакович /

«10» декабря 2011г.