

Отзыв

официального оппонента Скакун Анастасии Дмитриевны
на диссертационную работу Ахметзянова Кирилла Раисовича
«Нейро-сетевые методы и алгоритмы самообучения при обработке данных в
системе автоматизации процесса сортировки бытовых отходов»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (в промышленности)

Актуальность темы

Накопление отходов является одной из наиболее важных проблем современного мира. Пластиковые отходы имеют длительный период разложения, что влечет к быстрому накоплению такого вида отходов на полигонах. Одним из способов решения указанной проблемы является переработка отходов, для которой необходимо выполнить сортировку мусора по различным видам отходов. Как известно, автоматизация сортировки является одним из способов быстрого и относительно дешевого решения этой проблемы. Существующие методы автоматизации процессов сортировки имеют ряд недостатков: используют дорогостоящие датчики и включают сложные алгоритмы классификации, требующие дополнительных настроек под каждый конкретный процесс сортировки. Диссертационная работа Ахметзянова К.Р. «Нейро-сетевые методы и алгоритмы самообучения при обработке данных в системе автоматизации процесса сортировки бытовых отходов» посвящена разработке методов автоматизации самообучения моделей сортировки бытовых отходов при ограничении вычислительных ресурсов, что позволяет упростить процесс создания автоматизированные системы сортировки бытовых отходов. Предлагаемый автором оригинальный подход автоматизации сортировки обеспечивает требуемую точность распознавания, использует относительно дешевую аппаратно-программную базу и не требует повторного обучения для каждого предприятия по переработке отходов, благодаря чему уменьшается стоимость и увеличивается скорость обработки бытовых отходов. В связи с

вышеизложенным считаю, что диссертационная работа Ахметзянова К.Р. является актуальной и востребованной.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа Ахметзянова К.Р. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 8 приложений. Полный текст диссертации составляет 121 страницу, основная часть работы описана на 96 страницах.

Во введении дано описание методов технического (компьютерного) зрения применительно к задачам классификации изображений. Приведено описание проблем, возникающих в процессе разработки подсистем компьютерного зрения для реализации сортировки бытовых отходов. Осуществлена постановка цели и задач исследования.

В первой главе автором приводится анализ используемых при решении задач подобного класса датчиков и способов сортировки бытовых отходов, который показывает, что автоматизированная сортировка отходов является сложной, дорогостоящей, но в то же время, востребованной технической задачей. Подробно рассмотрены типы датчиков и нейро-сетевые виды сортировки на основе обработки изображения. Выбраны оптические датчики как универсальный источник данных и сверточные сети как робастный аппроксиматор классификации данных. Указаны вопросы дальнейшего развития исследований в области распознавания на основе сверточных нейронных сетей.

Во второй главе диссертантом проводятся исследования по выбору архитектуры нейронной сети. Приведены результаты исследования зависимости между точностью и количеством итераций обучения нейронных сетей. Показаны результаты обучения (достигнутая точность и время работы нейронной сети на компьютере и микрокомпьютере) нейронных сетей и проверки их на тестовых выборках. Обоснован вывод о необходимости увеличения точности выбранной нейронной сети MobileNet. Предложена методика выбора аугментации данных с ее параметрами для увеличения точности MobileNet, для которого также проведены исследования и выбрана

оптимальная аугментация (поворот на случайный угол от 0° до 60°), которая позволяет увеличить точность распознавания на 20%.

В третьей главе автором выполняется сравнение известных методов гиперпараметрической оптимизации и разрабатывается оригинальный метод оптимизации, новизна которого заключается в одновременной оптимизации как для нескольких задач, так и для нескольких устанавливаемых критериев. Предложен состав критериев для распознавания пластиковых отходов. Разработанный метод оптимизации гиперпараметров основан на оптимизации Парето для выбранного класса параметров, который позволяет отбрасывать заведомо неоптимальные гиперпараметры и затем среди выбранных гиперпараметров задавать критерии точности и скорости обучения. Особое внимание уделено созданию метода оптимизации вычислений нейронной сети на основе способа квантования для функционирования нейронной сети на микрокомпьютере с ограниченными вычислительными ресурсами (например, RaspberryPi). Новизна предложенных методов заключается в оптимизации по нескольким критериям: точности обученной нейронной сети, размеру файла модели нейронной сети и времени обработки изображения. Приведенный результат экспериментальных данных показал, что размер файла модели уменьшился на 50% без потери точности и скорости классификации изображений.

В четвертой главе диссертации описывается внедрение разработанных методов в устройство по предварительной сортировке отходов «Сортомат». Установлено, что совместное применение разработанных методов аугментации и оптимизации гиперпараметров дает увеличение точности классификации изображений на 23%. Проводится сопоставление результатов моделирования и результатов эксперимента (графики зависимости точности от эпохи обучения нейронной сети для моделирования и эксперимента, а также проверка гипотезы о равенстве математических ожиданий точностей обученной нейронной сети) (расхождение точности нейронной сети при моделировании и эксперименте не превышает 1% при применении критерия Стьюдента с уровнем значимости 0.05). Проводится сравнение точностей и эпох обучения для нейронной сети без выбора гиперпараметров и с выбранными гиперпараметрами с помощью

разработанного метода оптимизации. Результаты сравнения показывают, что точность распознавания нейронной сети с выбранными гиперпараметрами выше (на 3% при применении критерия Стьюдента с уровнем значимости 0.05), чем без выбора гиперпараметров, а сходимость нейронной сети достигается на той же эпохе.

В заключении представлены основные результаты и выводы диссертации. Выводы аргументированы и полностью отражают основные научные достижения автора.

В приложениях представлены результаты моделирования, полученные с помощью разработанного метода гиперпараметрической оптимизации (оценочные матрицы ошибок классификации и номера эпох сходимости обучения нейронной сети, гиперпараметры с соответствующими критериями значимости для двух способов обучения нейронной сети), акты внедрения, патент на полезную модель и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Научная новизна диссертационной работы

К основным научным результатам, полученным в диссертации, следует отнести:

1. Набор критериев для подхода к многокритериальной оптимизации, который позволяет увеличить точность классификации и снизить затраты вычислительных ресурсов.
2. Новый метод многокритериальной оптимизации гиперпараметров нейронной сети, который обеспечивает получение оптимальных гиперпараметров для заданных критериев.
3. Метод оптимизации вычислений на основе квантования, который позволяет уменьшить размер модели классификации без потери ее точности.
4. Новый метод автоматической сортировки бытовых отходов, который позволяет снизить вычислительные затраты при обучении нейронной сети.
5. Программный комплекс, включающий нейро-сетевые методы и алгоритмы самообучения сортировки бытовых отходов, который обеспечивает увеличение точности сортировки бытовых отходов.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Достоверность и обоснованность результатов диссертации подтверждается результатами проведенного моделирования и внедрения в устройстве по предварительной сортировке отходов «Сортомат», а также в учебный процесс кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета. Основные положения работы прошли апробацию на научных конференциях российского и международного уровней, опубликованы в ведущих рецензируемых изданиях ВАК (7 работ), включая Scopus (3 работы). В соавторстве получены патент и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты внедрения подтверждаются актами, представленными в приложениях. Все это позволяет считать полученные результаты обоснованными и достоверными.

Автореферат в полной мере отражает основные положения, содержание и выводы диссертации. Опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации.

Практическая значимость полученных автором результатов

Полученные научные и практические результаты нашли применение в разработках устройства по предварительной сортировке отходов «Сортомат» и в учебном процессе кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета в рамках практических занятий и лабораторных работ по дисциплинам «Методы идентификации зрительных объектов в робототехнике» и «Разработка систем распознавания образов для автономных сервисных роботов». Внедрение разработанного метода оптимизации вычислений в «Сортомат» увеличило скорость обучения нейронной сети на 10%, повысило скорость подсистемы распознавания бытовых отходов в «Сортомате» на 15%, что в совокупности обеспечивает увеличение эффективности использования вычислительных мощностей и повышает автоматизацию процесса обучения нейронной сети. Использование разработанных методов в учебном процессе позволило повысить уровень освоения профессиональных компетенций в области

проектирования элементов систем управления автономными сервисными роботами. Имеются зарегистрированные патенты РФ и свидетельство о регистрации программ для ЭВМ, а также акты о внедрении результатов диссертации в разработках.

Замечания

1. Непонятно, почему в качестве научной новизны предложены критерии оптимизации. В чем заключается принципиальная новизна этих критериев?

2. В начале диссертационной работы отсутствует четкая постановка решаемой математической задачи. Такая постановка позволила бы лучше понять решаемую оптимизационную задачу и оценить достигнутое качество оптимизации.

3. На страницах 56-62 приводится описание разработанного метода оптимизации гиперпараметров, который основан на оптимизации Парето. Почему выбрана именно Парето-оптимизация, а не какая-либо другая оптимизация? Отсутствует обоснование выбранного метода оптимизации.

4. В разделе 3.1.4 проводится сравнение МТМС с существующими методами гиперпараметрической оптимизации (оптимизация по сетке параметров, случайный поиск и байесовская оптимизация). Нет обоснования выбора этих трех методов оптимизации в качестве сравниваемых методов.

5. В диссертационной работе есть ряд орфографических ошибок.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от проделанной работы и полученных результатов.

Заключение

Диссертационная работа Ахметзянова Кирилла Раисовича «Нейро-сетевые методы и алгоритмы самообучения при обработке данных в системе автоматизации процесса сортировки бытовых отходов» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится постановка и решение задачи разработки методов и алгоритмов самообучения

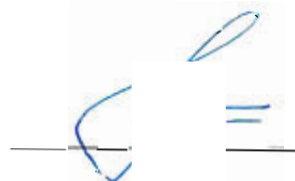
для сортировки бытовых отходов, имеющей важное значение для автоматизации технологических процессов сортировки мусора.

Диссертация выполнена на высоком научном и техническом уровне с использованием современных инструментальных средств и методик, а основные выводы достаточно обоснованы и подтверждены результатами внедрения. Диссертационная работа соответствует специальности 05.13.06, требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также требованиям п. 9 - п.12 «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ», а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 — Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности).

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры систем
автоматического управления
Санкт-Петербургского государственного
электротехнического университета
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

«12» ноября 2021 г.

 / Скакун А.Д./

Кандидатская диссертация защищена по специальности 05.09.03 –

Электротехнические комплексы и системы.

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Попова, д. 5, телефон: +7-960-242-01-23, e-mail: adstotskaya@etu.ru

Подпись доцента Скакун А.Д. удостоверяю.

_____ должность Начальник ОФ

(Ф.И.О.) _____

подпи

« _____ » _____ 2021 г.

М.П.



Рудель