

ОТЗЫВ

официального оппонента Катасёва Алексея Сергеевича
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

В последнее время производители продуктов массового потребления (продуктов питания, одежды, бытовой техники и т.д.) все больше используют пластик при производстве товаров. Увеличение потребления таких товаров приводит к увеличению отходов изделий из пластика. В нашей стране основная часть пластика складывается и размещается на специальных полигонах, что ведет к ухудшению экологической ситуации. Одним из способов решения экологической проблемы является перестроение экономики за счет переработки отходов с повторным использованием ресурсов. Сортировка мусорных отходов является одним из ключевых этапов переработки, а автоматизация этого процесса позволяет сокращать издержки на создание соответствующих производственных комплексов. Существующие комплексы зачастую используют дорогие и сложные датчики, что усложняет разработку и сопровождение автоматизированных систем управления технологическим процессом сортировки бытовых отходов. В качестве датчиков часто используются инфракрасные сенсоры, которые требуют ручной настройки для каждой категории отходов.

Для повышения эффективности процесса сортировки целесообразно применение методов компьютерного зрения, основанных, в частности, на использовании сверточных нейронных сетей. Обученная на большом количестве изображений бытовых отходов нейронная сеть представляет собой модель классификации, позволяющую эффективно решать поставленную задачу с высокой степенью точности. Диссертационная работа Ахметзянова К.Р. «Нейро-сетевые методы и алгоритмы самообучения при обработке данных в системе автоматизации процесса сортировки бытовых отходов» предлагает ряд методов по удешевлению и улучшению процесса автоматизации сортировки бытовых отходов с использованием оптических датчиков и нейронных сетей с ограниченными требованиями к вычислительным ресурсам. Поэтому актуальность темы диссертационного исследования не вызывает сомнений.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа Ахметзянова К.Р. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 127 источников и 8 приложений. Полный текст диссертации составляет 121 страницу машинописного текста, основная часть работы изложена на 96 страницах.

Во введении представлен обзор классических и нейросетевых методов классификации изображений, определены проблемы по созданию подсистемы компьютерного зрения для сортировки бытовых отходов. Сформулирована цель и решаемые в работе задачи.

В первой главе диссертационного исследования автором проведен обзор датчиков и способов сортировки бытовых отходов, обоснован выбор оптических датчиков из-за их универсальности и низкой стоимости. Рассмотрены нейросетевые способы классификации изображений. Для решения поставленной задачи актуализирована необходимость использования сверточных нейронных сетей. Автором сделан вывод, что совместное применение оптических датчиков и сверточных нейронных сетей является наилучшим способом получения и обработки информации при сортировке бытовых отходов. При этом автором ставятся задачи по исследованию сверточных нейронных сетей.

Во второй главе диссертации проведены исследования по выбору архитектуры сверточной нейронной сети. Рассмотрены такие известные архитектуры, как AlexNet, SqueezeNet и MobileNet. Приведены результаты обучения и тестирования сверточных нейронных сетей на нескольких наборах данных. Предложены критерии для выбора оптимальной структуры нейронных сетей. Для обогащения исходных данных и повышения точности сверточной нейросетевой модели предложен метод аугментации изображений. Проведены исследования и определены оптимальные параметры аугментации. Использование такого подхода позволило значительно повысить точность сортировки бытовых отходов по сравнению с точностью, достигаемой без использования аугментации.

В третьей главе автором проведено сравнение известных методов гиперпараметрической оптимизации, сформулированы их недостатки и предложен новый оригинальный метод, заключающийся в одновременной оптимизации для нескольких задач и для нескольких критериев (точность и скорость обучения). Использование предложенного метода позволило увеличить точность классификации на 3%. Кроме того, предложен метод оптимизации вычислений обученной нейронной сети с использованием квантования. Его новизна заключается в оптимизации вычислений по нескольким критериям: точности классификации, размера файла модели и времени обработки изображений. Использование этого метода позволило увеличить скорость обработки изображений, уменьшить размер файла модели и снизить требования к устройствам с вычислительными ограничениями без потери точности классификации.

В четвертой главе описано внедрение разработанных методов гиперпараметрической оптимизации и оптимизации вычислений нейронной сети в устройство по предварительной сортировке отходов «Сортомат». Проведено сопоставление результатов моделирования и с результатами внедрения. Кроме того, проведено сопоставление достигнутой максимальной точности и скорости сходимости нейронной сети с использованием гиперпараметров без их оптимизационного выбора и с выбором на основе разработанного метода оптимизации. Показано, что точность классификации бытовых отходов с использованием нейронной сети с выбранными гиперпараметрами выше на 3%, чем без выбора гиперпараметров. Внедрение подтверждается приведенными актами.

В заключении представлены полученные автором основные результаты и выводы диссертационного исследования.

В приложениях приведены оценочная матрица гиперпараметров, примеры оптимальных гиперпараметров, свидетельство о государственной регистрации разработанной программы для ЭВМ, патент на полезную модель и соответствующие акты о внедрении результатов диссертационного исследования.

Научная новизна диссертационной работы

Научной новизной работы являются:

1) состав критериев для многокритериальной оптимизации при обучении моделей классификации изображений, отличающийся тем, что он сформирован с учетом гиперпараметров обучения, что позволяет повысить точность классификации и снизить при этом вычислительные затраты;

2) метод многокритериальной оптимизации гиперпараметров нейронной сети, отличающийся многозадачностью, что позволяет получить оптимальные гиперпараметры для заданного с их учетом класса критериев;

3) метод оптимизации вычислений на основе квантования, отличающийся заданием нескольких критериев оптимизации, что позволяет уменьшить размер модели классификации без потери ее точности;

4) метод сортировки бытовых отходов, отличающийся автоматическим самообучением предложенной нейронной сети, что позволяет снизить вычислительные затраты при обучении сети на данных, представляемых организациями, производящие сортировку бытовых отходов;

5) программный комплекс в составе устройства сортировки бытовых отходов, реализующий нейросетевые методы и алгоритмы самообучения, не требующий дополнительных капитальных вложений в оборудование системы и обеспечивающий повышение качества решения поставленной задачи.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Достоверность и обоснованность результатов выполненного исследования подтверждается полученными результатами моделирования и практического использования. Основные положения диссертационной работы прошли апробацию на конференциях различного уровня, опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, а также в изданиях из базы Scopus. В соавторстве получены патент и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты внедрения подтверждены соответствующими актами, представленными в приложении. Все это позволяет считать полученные результаты обоснованными и достоверными.

Автореферат в полной мере отражает основные положения, содержание и выводы диссертации, которые опубликованы в 14 научных работах, 7 из которых – статьи в журналах, входящих в перечень ведущих журналов и изданий, рекомендуемых ВАК, 3 – статьи в изданиях из базы Scopus. Опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации.

Практическая значимость полученных автором результатов

Полученные научные и практические результаты нашли применение при разработке устройства «Сортомат», что позволило повысить скорость работы подсистемы распознавания бытовых отходов и увеличить эффективность использования вычислительных ресурсов. Кроме того, результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета и используются для проведения практических и лабораторных занятий 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 на 15%.

Замечания и рекомендации по диссертационной работе

1. В названии диссертации присутствует термин «самообучение», который непосредственно связан с понятием «обучение без учителя». При этом все нейросетевые модели, используемые в диссертации, обучаются по принципу «обучение с учителем». Видимо, автор диссертационного исследования, используя этот термин, хотел подчеркнуть, что предложенные им методы позволяют автоматизировать процесс обучения нейронных сетей.

2. Автором диссертационного исследования разработан и официально зарегистрирован программный комплекс, реализующий предложенные методы. Однако в перечне задач по диссертации отсутствует задача, связанная с его раз-

работкой, а также с проведением на его основе исследований для оценки эффективности предложенного математического обеспечения. При этом программный комплекс выносится на защиту и входит в состав элементов научной новизны и практической значимости результатов диссертации.

3. Название раздела 2.1 диссертации звучит, как «выбор сверточной нейронной сети». Однако вместо непосредственно «выбора» 6 страниц текста этого раздела посвящено этапам развития нейронных сетей. И только в конце раздела сказано, что в работе проведены исследования по выбору нейронной сети среди трех архитектур: AlexNet, SqueezeNet и MobileNet. Автору следовало более четко подойти к вопросу обоснования выбора сверточной нейронной сети с указанием критериев выбора и проведением сравнительного анализа по этим критериям различных нейросетевых архитектур.

4. На страницах 49-52 диссертации в таблицах 2.7-2.13 приведены результаты экспериментов, связанных с аугментацией исходных данных. Не во всех полученных результатах прослеживается зависимость между точностью распознавания изображений и степенью их искажения.

5. В третьей главе диссертации рассматриваются вопросы оптимизации гиперпараметров. В частности, раздел 3.1.2 посвящен разработке метода выбора оптимальных гиперпараметров. Однако автор не уточняет, что фактически происходит выбор **значений** гиперпараметров при обучении нейронной сети, хотя по названию можно ошибочно заключить, что выбирается **состав** гиперпараметров. В таких случаях желательно использовать более четкие формулировки, исключающие многозначность толкования терминов.

6. При оформлении диссертации имеются недочеты в орфографии и стилистике, как, например, в следующей фразе: «В результате применения разработанного метода повышения точности нейронной точность распознавания обученной базовой сети MobileNet была увеличена на 20%». Автору следовало более корректно излагать свои мысли в тексте диссертации.

7. В заключении работы автор не обозначил направления перспективных исследований по теме своей диссертации.

8. В таблице 1 автореферата на странице 8 представлены результаты точности распознавания изображений при использовании нейронных сетей различных архитектур. При этом в пояснении к таблице сказано, что самый высокий процент правильного распознавания имеет сеть MobileNet при настройке всех ее слоев. Не совсем понятно, почему автор сделал именно такой вывод, так как сеть AlexNet, судя по данным указанной таблицы, обладает более высокой точностью распознавания (98,44% для AlexNet против 98,39% для MobileNet).

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и полученных в ней результатов.

Заключение

Диссертация Ахметзянова Кирилла Раисовича «Нейро-сетевые методы и алгоритмы самообучения при обработке данных в системе автоматизации процесса сортировки бытовых отходов» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи разработки методов и алгоритмов самообучения для сортировки бытовых отходов, имеющей важное значение для автоматизации технологических процессов.

Работа выполнена на высоком научном и техническом уровне с использованием современных инструментальных средств и методик, а основные выводы 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.п. 9-12 «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности).

Официальный оппонент:
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры систем
информационной безопасности
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»

А / Катасёв А.С. /

«09» 11 2021 г.

Катасёв Алексей Сергеевич

Докторская диссертация защищена по специальности 05.13.18 –
Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 10
Телефон: +7 927 408-94-68
E-mail: ASKatasev@kai.ru

