

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

**Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.04
по диссертации Тура Александра Игоревича
на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Диссертация «Иерархический метод распознавания в подсистемах машинного зрения АСУТП сортировки и утилизации бытовых отходов» по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности) принята к защите «15» октября 2020 г. (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 бюджетного 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» ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Официальные оппоненты:

1. *Путов Виктор Владимирович*, доктор технических наук (05.13.01), профессор, профессор кафедры систем автоматического управления федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)»;

2. *Куликов Геннадий Григорьевич*, доктор технических наук (01.01.11), профессор, профессор кафедры автоматизированных систем управления федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет»,

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ» (г. Казань) (отзыв ведущей организации утвержден проректором по научной и инновационной деятельности, доктором технических наук, профессором Михайловым Сергеем Анатольевичем, заслушан на расширенном заседании кафедры автоматики и управления Института автоматики и электронного приборостроения и подписан Маливановым Николаем Николаевичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой автоматики и управления, и Дегтяревым Геннадием Лукичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры автоматики и управления).

По теме диссертации соискателем опубликовано 16 научных трудов, в том числе 10 работ – в ведущих научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени и приравняваемых к ним, из них 6 работ – в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus, соискателем получен 1 патент на полезную модель, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Тур А.И., Кокоулин А.Н., Ахметзянов К.Р., Южаков А.А. Вопросы применения иерархических систем распознавания в системах видеонаблюдения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления, 2020, № 34, С. 75-89.

2. Тур А.И., Кокоулин А.Н., Дзыгарь А.В. Иерархическая система поиска и распознавания штрихкода на повреждённой таре в автомате отдельного сбора отходов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления, 2019, № 29, С. 44-57.

3. Тур А.И., Липин Ю.Н. Вопросы восстановления поврежденных штрихкодов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение, 2019, Т. 21, № 3, С. 50-54.
4. Тур А.И., Южаков А.А., Кокоулин А.Н. Иерархическая архитектура сверточной нейронной сети в распределенной системе распознавания лиц // Нейрокомпьютеры: разработка, применение, 2019, Т. 21, № 3, С. 28-34.
5. Кокоулин А.Н., Тур А.И., Южаков А.А., Князев А.И. Архитектура иерархической сверточной нейронной сети в распределенной системе распознавания лиц // Proceedings of the 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus) : Jan. 29-30, 2019, St. Petersburg, Moscow, Russia / IEEE Russia North-West section [et. al.]. - [S. I.] : [s. n.], 2019. - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8656727>.
6. Кокоулин А.Н., Южаков А.А., Тур А.И., Польшгалов С.В., Троегубов А.С., Коротаев В.Н. Проект по сбору контейнеров для напитков // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, Vol. 317., P. 012006 - Art. 012006. - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/317/1/012006>.
7. Тур А.И., Кокоулин А.Н., Южаков А.А., Князев А.И. Оптический метод распознавания и сортировки пластиковых отходов в обратном торговом автомате // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019 : [Conf. Proc.], 30 June-6 July 2019, Albena, Bulgaria. Vol. 19, iss. 4.1, pp. 793-800 / Bulg. Acad. of Science [et. al.]. - Sofia : [s. n.], 2019.
8. Тур А.И., Южаков А.А., Кокоулин А.Н., Лукичев А.Н. Подготовка системы распознавания объектов на базе TensorFlow и Keras // XXI Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2018) : сб. докл., Санкт-Петербург, 23-25 мая 2018 г. : в 2 т. Т. 1-2 / Междунар. ассоц. нечетких систем, М-во образования и науки Рос. Федерации, Науч. совет по искусственному интеллекту РАН [и др.]. - Санкт-Петербург : СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2018. - Т. 1., С. 651-653 - Секция 3.
9. Тур А.И., Южаков А.А., Кокоулин А.Н. Возможности применения алгоритмов нечеткого поиска и нейронных сетей в технологии Fingerprint // XX Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2017) : сб. докл., Санкт-Петербург, 24-26 мая 2017 г. Секция 1-8 / Междунар. ассоц. нечетких систем, М-во образования и науки Рос. Федерации [и др.]. - Санкт-Петербург : [б. и.], 2017. - Т. 2, С. 78-81.

10. Тур А.И., Южаков А.А., Кокоулин А.Н. Возможности применение алгоритмов нечёткого поиска и нейронных сетей в технологии Fingerprint (статья на англ. языке) // Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017 : [Conf. Paper], St. Petersburg, 24-26 May 2017 / Russia (Northwest) Section, St. Petersburg Electrotechn. Univ. "LETI". - [S. I.] : IEEE Inc., 2017.

В данных работах соискатель привёл основные результаты своих научных исследований: описал метод обнаружения объекта на изображении с помощью постепенного уточнения местоположения области интереса на изображении, описал применение сверточных функций в сочетании с иерархическим методом распознавания объектов на изображении, предложил концепцию создания нейронной сети, выполняющей иерархический поиск информации на изображении, описал процесс автоматизированной первичной сортировки мусора на базе автомата и предложил метод оптической сортировки бытового мусора с помощью системы камер и иерархического метода распознавания информации, применяемый в нём.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея извлечения информации, полезной для распознавания объекта, основанная на поэтапном уточнении местоположения искомого объекта на изображении;

предложен оригинальный подход к распознаванию объекта на изображении, позволяющий сокращать время обработки информации и снижать количество требуемых вычислительных ресурсов для алгоритмов, использующих полный или частичный перебор пикселей изображения;

доказана перспективность использования в практике предложенного метода иерархического распознавания объекта для автоматизированных систем, обладающих существенно ограниченным количеством вычислительных мощностей – автоматизированных промышленных линий сортировки и мобильных комплексов, использующих машинное зрение.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс существующих методов современной теории систем массового обслуживания и теории нейронных систем для получения комплексной модели системы распознавания, применяющей иерархический метод распознавания, позволяющей оценить загруженность платформы для

расчётных условий и определить её пропускную способность в состоянии отсутствия перегрузки;

изложены условия повышения эффективности использования вычислительных ресурсов алгоритмом распознавания, выраженного в уменьшении общего времени распознавания и объёма вычислительных ресурсов, задействованных в момент распознавания объекта на изображении;

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

разработан и внедрен метод иерархического распознавания, применяемый для снижения количества требуемых вычислительных ресурсов для работы нейронной сети в аппаратно-программный комплекс «Sortomat 1.0», что позволило увеличить разрешение изображения и повысить качество распознавания. Разработанные научные основы создания принципов построения и функционирования систем машинного зрения используются в курсе лекционных и практических занятий по дисциплинам «Методы идентификации зрительных объектов в робототехнике» и «Разработка систем распознавания образов для автономных сервисных роботов», преподаваемых в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показано, что результаты исследований различных режимов работы системы распознавания на лабораторной физической установке не противоречат результатам аналитического и имитационного моделирования;

теория построена на воспроизводимых и проверяемых данных, не противоречит результатам исследований в предметной области и в смежных отраслях;

идея базируется на анализе и обобщении опыта применения иерархического метода, основанного на уточнении области поиска при анализе информации в структурированном виде;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках информации;

использованы современные статистические методы обработки информации с получением численных показателей эффективности использования вычислительных ресурсов системы при распознавании объекта на изображении.

Личный вклад соискателя состоит в участии на всех этапах процесса диссертационного исследования, а именно: им разработаны модели системы распознавания, метод поэтапного уточнения местоположения объекта на изображении, обеспечивающий уменьшение количества обрабатываемой информации в каждый отдельно взятый момент времени, поставлена серия экспериментов на физическом испытательном стенде, подготовлены основные публикации по теме исследований.

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 реализации системы машинного зрения, позволяющие уменьшить количество одновременно обрабатываемой информации и имеющие важное значение для развития подсистем машинного зрения АСУТП.

На заседании «18» декабря 2020 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.04 принял решение присудить Туру Александру Игоревичу ученую степень кандидата технических наук (протокол заседания № 6).

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 16, против присуждения ученой степени – нет, воздержалось – нет.

Председательствующий на заседании
заместитель председателя диссертационного совета
Д ПНИПУ.05.04,
д-р техн. наук, профессор

/ Шумихин Александр Георгиевич /

Ученый секретарь диссертационного совета
Д ПНИПУ.05.04,
д-р техн. наук, доцент

совета

/ Фрейман Владимир Исаакович /

«18» декабря 2020

