

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.435.07,

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 20 декабря 2024 года № 3

О присуждении Храповой Наталии Игоревне, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Онтологическая модель нейро-нечёткого управления пешеходным переходом в системе глаз-мозг-компьютер» по специальности 5.12.4. Когнитивное моделирование (технические науки) принята к защите 18 октября 2024 года (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.435.07, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94) приказом Минобрнауки России № 2137/нк от 27 ноября 2023 года.

Соискатель Храпова Наталия Игоревна, 9 июля 1998 года рождения, в 2022 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» с присвоением квалификации магистр по направлению 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника». В настоящее время обучается в очной аспирантуре при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Юго-Западный государственный университет», работает преподавателем кафедры программной инженерии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре программной инженерии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор Бобырь Максим Владимирович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», кафедра программной инженерии, профессор.

### **Официальные оппоненты:**

Казанцев Виктор Борисович – доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», кафедра нейротехнологий института биологии и биомедицины, заведующий кафедрой;

Бушуев Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», кафедра технической кибернетики, заведующий кафедрой – дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Осиповым Василием Юрьевичем, доктором технических наук, профессором, директором Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, Савельевым Антоном Игоревичем, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, руководителем лаборатории автономных робототехнических систем, утверждённом директором Ронжиным Андреем Леонидовичем, доктором технических наук, профессором РАН, указала, что диссертационная работа является логически завершённой научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном и техническом уровне, и посвящена решению актуальной научной задачи разработки моделей, методов и средств нейро-нечёткого управления пешеходным переходом на основе анализа видеoinформации, повышающих его эффективность. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в рабочем процессе городских комитетов по управлению общественным транспортом, АНО «Дирекция по развитию транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области», АНО «Дирекция Московского транспортного узла», АНО «Единая транспортная дирекция», АО «Государственная транспортная лизинговая компания», государственной компании «Российские автомобильные дороги», в учебном процессе технических ВУЗов: ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения». Диссертация в полной мере удовлетворяет требованиям Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук, в частности пп.9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (ред. от 18.03.2023), и соответствует паспорту научной специальности 5.12.4. Когнитивное моделирование (технические науки), а соискатель, Храпова Наталия Игоревна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 35 опубликованных работ, общим объёмом 17,7 печатных листов, в том числе по теме диссертации опубликовано 27 работ (13,9 печатных листов), из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 (1,8 печатных листа, авторский вклад 60%), 1 публикация в издании, индексируемом в наукометрической базе Scopus, получен один патент РФ на изобретение и 11 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Соискателем

опубликовано 10 работ в материалах международных и всероссийских конференций (2,3 печатных листа, авторский вклад 75%).

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах.

**Наиболее значимые работы по теме диссертации:**

1. Храпова Н.И. Информационно-аналитическая система детектирования движения объектов на пешеходном переходе / М.В. Бобырь, Н.И. Храпова // Онтология проектирования. – 2024. – Т.14, №4. – С.117-128.

2. Храпова Н.И. О подходе к детектированию движения пешеходов методом гистограмм направленных градиентов / М.В. Бобырь, Н.А. Милостная, Н.И. Храпова // Электронные библиотеки. –2024. –Т. 27, №4. – 19 с.

3. Храпова Н.И. Двухуровневая информационно-аналитическая система управления интеллектуальным светофором / М.В. Бобырь, Н.И. Храпова // Электронные библиотеки. –2024. –Т. 27, №5. – 18 с.

4. Храпова Н.И. Система управления интеллектуальным светофором на основе нечёткой логики / М.В. Бобырь, Н.И. Храпова, М.А. Ламонов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 162-176.

На диссертацию и автореферат поступили 8 отзывов из следующих организаций: ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова» РАН, подписан кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником лаборатории 80 Киберфизических систем Галиным Ринатом Романовичем (Замечания: 1. В автореферате на странице 20-21 приводится расчёт достоверности распознавания объектов на пешеходном переходе. При этом автор уточняет, что искомая величина включает в себя 2 коэффициента – точность распознавания контуров объектов и достоверность распознавания объектов на изображениях. Возникает путаница в названиях коэффициентов из-за того, что понятие «достоверность» используется в обоих случаях. Возможно, необходимо было обозначить один из коэффициентов по-другому; 2. В автореферате на странице 9 представлено краткое содержание первой главы диссертации. Необходимо было уделить больше внимания анализу существующих решений и их недостаткам); ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», подписан доктором технических наук, профессором, профессором кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства Олейниковым Александром Михайловичем (Замечания: 1. Плохо читаемы мелкие пояснения на рисунках в автореферате, а именно рисунки 4, 8, 9 и 10; 2. По рисункам 13 и 14 в экспериментальных исследованиях не ясно, какие именно транспортные средства и пешеходы учитываются при дальнейшем расчёте времени задержки светофора); ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», подписан кандидатом технических наук, доцентом, деканом факультета Цифровых промышленных технологий Жиленковым Антоном Александровичем (Замечания: 1. По тексту автореферата на этапе заполнения таблицы 3 – результаты детектирования движения объектов, не ясно, каким образом происходит процесс классификации объектов на верно/ложно обнаруженные и пропущенные. Нужно было пояснить, что понимается под каждым видом. 2. В работе важную роль занимает разработка

нечётко-логического метода вычисления времени задержки управляющего сигнала светофора в зависимости от количества распознанных объектов на пешеходном переходе. Логично было бы указать данный пункт в заключении); ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, подписан доктором технических наук, профессором, директором НИИ «Технобиомед» Подураевым Юрием Викторовичем (Замечания: 1. Из текста автореферата не ясно, какое количество экспериментов было проведено для расчёта коэффициента достоверности распознавания объектов на пешеходном переходе. 2. В автореферате имеются некоторые неточности в изложении материала, а также на некоторых рисунках затруднено чтение данных); АО «Центральный научно-исследовательский институт «Курс», подписан кандидатом технических наук, начальником научно-исследовательского отдела 22 Чуриковым Алексеем Юрьевичем и утвержден генеральным директором, кандидатом технических наук Ханычевым Виталием Викторовичем (Замечания: 1. В автореферате не приводится расшифровка обозначений, которые используются в матрицах на стр. 13; 2. Рисунки приведённые на страницах 12, 14 и 19 плохо читаемы из-за маленького размера шрифта подписей; 3. В автореферате не уделено достаточного внимания описанию процесса обработки входного изображения. Возможно, необходимо было добавить наглядный пример); ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», подписан доктором технических наук, доцентом, директором учебно-научного технологического института Петрешиным Дмитрием Ивановичем (Замечание: Несмотря на ограничения по объему автореферата, хотелось бы подробнее ознакомиться с разработанным рекурсивным алгоритмом закрашивания областей распознанных объектов, который может использоваться с целью уточнения классификации по возрастным группам детектируемых пешеходов); АО Концерн «Моринформсистема-Агат», подписан доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником Волосенковым Владимиром Олеговичем (Замечаний нет); ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», подписан доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры мехатроники, механики и робототехники Корнаевым Алексеем Валерьевичем (Замечание: Тщательное сравнение разрабатываемых методик и результатов исследования с результатами применения современных моделей глубокого обучения на частных или открытых данных позволило бы в большей мере отразить значимость данной работы).

Все поступившие в совет отзывы положительные. Во всех отзывах отмечается, что диссертационная работа выполнена на актуальную тему, на высоком научном уровне, отличается научной новизной, теоретической и практической значимостью, выполнена лично соискателем и имеет завершённый характер, соответствует паспорту научной специальности 5.12.4. Когнитивное моделирование (технические науки).

На все поступившие замечания соискателем даны исчерпывающие ответы и пояснения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты характеризуются высокой компетентностью в

области когнитивного моделирования и разработки систем технического зрения, а также наличием публикаций за последние пять лет в ведущих рецензируемых научных изданиях по теме диссертационной работы, что позволило им определить научную и практическую ценность диссертации. Областью научных интересов оппонентов является разработка интеллектуальных информационно-аналитических систем, систем технического зрения, искусственных нейронных сетей. Ведущая организация является передовым российским научным учреждением в области информационных технологий, автоматизации, интеллектуальных интегрированных систем поддержки принятия решений, многомодальных пользовательских интерфейсов в человеко-машинных и робототехнических комплексах, обладает высококвалифицированными научными специалистами, известными в стране и за рубежом, специализирующимися в области проблематики диссертационной работы. Организация обладает научным потенциалом, позволяющим определить научную ценность диссертации, осуществляет научные разработки и подготовку кадров высшей квалификации по разработке систем обработки данных. Официальные оппоненты не имеют совместных проектов и совместных публикаций с соискателем. Ведущая организация не имеет договорных отношений с соискателем.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

*разработана* новая научная идея, основанная на объединении методов детекции границ объектов, классификации пешеходов и транспортных средств на основе алгоритма YOLO, и подсчёта их количества в единую онтологическую модель управления пешеходным переходом, позволившую выявить новую закономерность между числом участников дорожного движения и временем задержки работы сигналов светофора;

*предложена* оригинальная научная гипотеза о том, что объединение методов детекции границ, классификации объектов и нечётко-логической математической модели интеллектуального управления светофором, позволяет повысить достоверность распознавания информации на пешеходном переходе;

*доказана* перспективность использования нового нечётко-логического метода выделения границ объектов, реагирующего на изменение выпуклой и вогнутой форм геометрических фигур, для повышения точности распознавания краёв объектов на полученном изображении;

*введены* новые понятия, такие как онтологическая модель нейро-нечёткого управления пешеходным переходом, информационно-аналитическая система восприятия и обработки видеоинформации.

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

*доказана* возможность применения нечётко-логического метода вычисления времени задержки управляющего сигнала светофора в зависимости от количества распознанных объектов на пешеходном переходе для построения онтологической модели нейро-нечёткого управления пешеходным переходом в системе глаз-мозг-компьютер;

*применительно к проблематике диссертации эффективно использовано* объединение нечётко-логических математических моделей вычисления количества распознанных объектов на изображении и интеллектуального

управления светофором для разработки информационно-аналитической системы восприятия и обработки видеоинформации на пешеходном переходе;

*изложены* элементы теории нечёткой логики и нейронных сетей для построения онтологической модели на основе комбинации нейро-нечёткого подхода и нейронных сетей;

*раскрыто* противоречие между повышением достоверности распознавания и классификации объектов нейронными сетями и возможными погрешностями методов предварительной обработки исходных изображений;

*изучены* причинно-следственные связи между временем ожидания людей и/или транспортных средств и достоверностью их распознавания в онтологической модели нейро-нечёткого управления пешеходным переходом в системе глаз-мозг-компьютер;

*проведена* модернизация существующей математической модели детектирования границ объектов на основе фильтра Канни.

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

*разработаны и внедрены* предложенные методы управления временем ожидания разрешающего сигнала светофора пешеходами, основанные на нечётко-логических математических моделях вычисления количества распознанных объектов на изображении и интеллектуального управления светофором, в образовательный процесс кафедры программной инженерии Юго-Западного государственного университета;

*определены* перспективы использования предложенной информационно-аналитической системы восприятия и обработки видеоинформации на пешеходном переходе в системе «Умный город»;

*создана* онтологическая модель управления пешеходным переходом, сочетающая нечётко-логический метод детектирования контуров, классификацию объектов на основе алгоритма YOLO и вычисление времени задержки работы сигналов светофора на основе нечётко-логической математической модели интеллектуального управления светофором, а также позволившая повысить достоверность распознавания объектов на пешеходном переходе в 1,69 раза по отношению к рассмотренному методу HOG+SVM.

*представлены предложения по дальнейшему совершенствованию*, заключающиеся в повышении оперативности процесса ожидания людей и/или транспортных средств за счёт распараллеливания вычислительных процессов в онтологической модели управления пешеходным переходом.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

*для экспериментальных работ* достоверность обоснована апробированием разработанной онтологической модели управления пешеходным переходом на роботизированных предприятиях, а также показана воспроизводимость результатов научного исследования в различных условиях путём публикации предложенных моделей и метода в высокорейтинговых российских и международных журналах с высоким уровнем рецензирования достоверности полученных результатов;

*теория* построена на известных данных о нечёткой логике и нейронных сетях, все теоретические результаты согласуются с опубликованными

экспериментальными данными и результатами практического внедрения созданных математических моделей;

*идея базируется* на анализе современной литературы и научных работ по теории обработки изображений и распознавания объектов, методов машинного обучения для классификации объектов и нейро-нечёткой обработки данных, а также на теоретических и практических работах по проведению экспериментальных исследований с онтологической моделью управления пешеходным переходом, использующей в своей структуре систему глаз-мозг-компьютер;

*использованы* результаты ранее опубликованных работ в области когнитивного моделирования, обработки изображений и распознавания объектов, а также их классификации для сравнения авторских результатов с известными моделями;

*установлено* качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

*использованы* современные методики сбора и обработки информации о детектировании контуров и классификации объектов, моделирование осуществлялось в программных средах Matlab 2015, Microsoft Visual Studio 2022, Anaconda 3, для проведения экспериментальных исследований применялось специально разработанное программное обеспечение, использовались языки программирования Matlab, C#, Python.

*Личный вклад соискателя* состоит в участии на всех этапах процесса разработки онтологической модели нейро-нечёткого управления пешеходным переходом, планировании и проведении экспериментальных исследований, заключающихся в оценке достоверности распознавания объектов на пешеходном переходе, личном участии в апробации результатов исследования, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Результаты работы могут быть использованы для разработки устройств управления временем ожидания разрешающего сигнала светофора пешеходами и транспортными средствами на перекрёстке и внедрены на улицах городов в системе «Умный город».

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: в диссертационной работе не в явном виде отражена система показателей эффективности управления пешеходными переходами, название диссертации узкое по сравнению с полученными в ней результатами.

Соискатель Храпова Наталия Игоревна исчерпывающе ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и высказанные замечания и привела собственную аргументацию, в том числе наличие ограничений на объём диссертации по требованиям ВАК при большом объёме проведенных исследований, которые было необходимо изложить в структурно и логически обоснованной и всеобъемлющей форме.

На заседании 20 декабря 2024 года диссертационный совет принял решение: за успешное решение научно-технической задачи разработки онтологической модели нейро-нечёткого управления пешеходным переходом, позволяющей повысить достоверность распознавания объектов для обеспечения безопасности

