

УТВЕРЖДАЮ  
директор ИАПУ ДВО РАН,  
член-корреспондент РАН

\_\_\_\_\_ Р.В. Ромашко

« 23 » октября 2019 года

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Жиганова Сергея Викторовича на тему «Вычислительный метод и алгоритмы нейро-нечеткого распознавания людей, транспортных средств и ситуаций на основе видеонаблюдения» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

### Актуальность темы

В последнее время проблемам контроля доступа физических и технических объектов на охраняемую территорию уделяется особое внимание. Это связано с развитием промышленного шпионажа, стремительным ростом преступности, увеличением количества краж с охраняемых территорий дорогостоящих материалов и оборудования. Практическая составляющая использования систем контроля и управления доступом открывает новые горизонты в сфере автоматизированного контроля и управления предприятием за счет их активного внедрения в широкий рынок охранных систем. При этом современное оборудование удачно интегрируется с существующими системами видеонаблюдения и учета рабочего времени персонала на предприятиях.

В традиционных системах видеонаблюдения оператору приходится наблюдать за множеством изображений, зачастую и на нескольких мониторах, что ведет к снижению качества и достоверности контроля и разграничения доступа. Именно «человеческий фактор» – эмоциональная, напряженность, снижение внимания, случайное отвлечение, несанкционированное прерывание деятельности – существенно уменьшает адекватность и оперативность принятия решений. Поэтому решение задачи распознавания людей, транспортных средств и ситуаций посредством интеллектуальных методов и алгоритмов является актуальной для обеспечения комплексной безопасности предприятия.

### Структура работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 131 наименования, 2 приложений. Полный объем составляет 154 страницы, 47 рисунков, 23 таблицы.

В **первой главе** автором приведен анализ подходов к построению систем контроля и управления доступом (СКУД) физических и технических объектов. Описаны технические средства для получения идентификационных данных в СКУД. Автором предложена математическая модель интеллектуальной СКУД, учитывающая описание штатных и нештатных ситуаций.

Рассмотрены существующие подходы к построению классификаторов в системах компьютерного зрения. Приведены нерешенные задачи систем распознавания образов.

Во **второй главе** приведена математическая формулировка задачи обнаружения и классификации объектов.

Автором предложен вычислительный метод нейро-нечеткого распознавания людей, транспортных средств и ситуаций на основе видеонаблюдения на кадрах видеопотока и представлены характеристики точности для вычислительного метода.

Описаны адаптированные архитектуры искусственных нейронных сетей (НС) для вычислительного метода.

Для решения задач интеллектуальной СКУД разработаны алгоритмы на основе композиции традиционных методов обработки изображений и глубоких нейронных сетей.

Приведены результаты натурных экспериментов, доказана эффективность и возможность применения предложенных алгоритмов в режиме реального времени (РВ).

В **третьей главе** описывается применение вычислительного метода к задаче распознавания нештатных ситуаций в непрерывном видеопотоке. Продемонстрирована возможность применения вычислительного метода для распознавания образов в различных предметных областях в РВ.

В **четвертой главе** описывается интеллектуальная система, построенная на базе разработанных алгоритмов.

Сформулированы технические и функциональные требования к интеллектуальной системе.

Обоснован выбор средств разработки и описана программная реализация разработанной системы.

В **заключении** приводятся основные результаты диссертации.

### **Основные научные результаты**

Предложена математическая модель интеллектуальной СКУД на основе кибернетического подхода для задач доступа транспортных средств на территорию организации и физических лиц в помещение повышенной опасности. Отличительной особенностью математической модели является возможность учитывать и распознавать штатные и нештатные ситуации на охраняемом объекте и вырабатывать управляющие воздействия.

Предложен вычислительный метод распознавания образов в непрерывном видеопотоке с использованием глубоких НС, отличительной особенностью которого является использование композиции традиционных

методов обработки изображений, глубоких НС, алгоритмов нечеткой логики для классификации объектов и ситуаций.

Предложены адаптированные архитектуры НС: оригинальная дуальная сеть для идентификации человека по изображению лица, которая в отличие от классической сямской сети позволяет использовать большее количество признаков; модифицированная архитектура сверточной нейронной сети MobileNet для распознавания номерных знаков, отличающаяся возможностью работать в РВ за счет использования глубокой и поточечной свертки; оригинальная архитектура глубокой нейросети для задачи классификации событий в видеопотоке, построенная комбинациями слоев свертки и независимых рекуррентных слоев. Предложенные адаптации позволяют при низких вычислительных затратах с высокой точностью распознавать ситуацию в режиме РВ.

Предложены алгоритмы: идентификации человека по изображению лица, распознавания номерных знаков, обнаружения и распознавания нештатных ситуаций в видеопотоке на основе вычислительного метода для интеллектуальной СКУД, отличающиеся возможностью применения в сложных условиях в режиме РВ.

Предложен подход для локализации человека в кадре видеопотока с помощью алгоритма растущего нейронного газа и признакового описания на основе гистограмм ориентированных градиентов (GNG-FIS), а также модификация алгоритма GNG-FIS, отличающаяся использованием двухпроходного обучения с нечеткой перемаркировкой классов и построением тепловой карты.

#### **Достоверность и обоснованность основных результатов работы**

Обоснованность научных положений, выводов, изложенных в диссертации, достигается тем, что основные научные результаты базируются на корректном использовании общепризнанных методов и метрик для оценки классификаторов в оптическом распознавании образов и набором натуральных и полунатуральных экспериментов.

Достоверность результатов также подтверждается положительными экспертными оценками в ходе обсуждений докладов на конференциях и семинарах.

#### **Практическая значимость**

Предложенные в работе алгоритмы могут быть использованы: для распознавания номерных знаков транспортных средств (ТС) при помощи алгоритмов глубоких НС; локализации тела человека при помощи нейро-нечеткой модели растущего нейронного газа, обучаемой с подкреплением; текстового описания происходящего на кадрах видеопотока; идентификации человека по лицу; обнаружения в видеофрагментах нештатных ситуаций.

По результатам работы получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ: № 2016663283, № 2018610776, № 2019610487, № 2019610486. Результаты диссертационной работы внедрены в ФГБОУ ВО «КнАГУ» для распознавания номерных знаков транспортных средств и идентификации человека по лицу.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России научного проекта – госзадания в рамках проектной части № 2.1898.2017/ПЧ «Создание математического и алгоритмического обеспечения интеллектуальной информационно-телекоммуникационной системы безопасности вуза».

#### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

В целом работа имеет вполне определенную практическую направленность и может использоваться в различных предметных областях.

Полученные результаты развивают область научных исследований, связанных с распознаванием образов на кадрах и в видеопотоке.

Разработанные автором положения рекомендуется использовать научно-исследовательским и проектным организациям, занимающимся разработкой систем компьютерного зрения, оптического распознавания образов, систем контроля и управления доступом.

Кроме того, предложенный вычислительный метод может быть использован в различных предметных областях, в которых необходимо выделение свойств у объекта, таких как: обработка спутниковых изображений, распознавание объектов для телеуправляемых и автономных морских судов, распознавание объектов и разметки для беспилотного автомобильного транспорта и других.

#### **Апробации и публикации**

Основные положения диссертационной работы и результаты докладывались на научных и практических международных конференциях, симпозиумах и семинарах:

– на второй международной конференции по новым данным и промышленности 4.0 (EDI40), Бельгия, г. Лювен, 2019;

– научном семинаре «Современные модели нейронных сетей и их приложения», АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», г. Санкт-Петербург, 11.04.2019;

– международном симпозиуме «INTELS' 2016», г. Москва, 2016 и «INTELS' 2018», г. Санкт-Петербург, 2018;

– международной мультидисциплинарной конференции по промышленному инжинирингу и современным технологиям «Far East Con-2018», г. Владивосток, 2018;

– международной Второй Российско-Тихоокеанской конференции по компьютерным технологиям и приложениям (RPC 2017), г. Владивосток, 2017;

– молодежной инновационной конференции в рамках весенней школы Открытого университета Сколково – 2017, г. Владивосток, 2017;

– ежегодной научно-технической конференции студентов и аспирантов ФГБОУ ВО «КНАГУ», г. Комсомольск-на-Амуре (2016 – 2018);

– региональном конкурсе «УМНИК-2016», победитель программы по теме «Разработка интеллектуального сервиса семантического анализа видео», госконтракт № 11538p/2100, г. Хабаровск, 2016.

Основные результаты работы изложены в 12 печатных работах: в изданиях, входящих в перечень ВАК – 3, одна из которых индексируется в базах Web of Science и Scopus с квартилем 2; в изданиях, индексируемых в базах Scopus и Web of Science – 5; свидетельства о регистрации программы для ЭВМ – 4.

Результаты работы в полной мере отражены в периодических изданиях, рекомендованных ВАК, и в докладах на научно-технических конференциях международного и федерального уровня.

#### **Замечания по диссертационной работе**

1. Не обосновано, почему автор свой выбор остановил на архитектуре MobileNet при решении задач распознавания технических и физических объектов, а для ситуаций использовал архитектуру Inception v3.

2. Требуется пояснить, почему при решении задачи идентификации технических объектов для локализации номерного знака использовался алгоритм Виолы-Джонса, а не более быстрый алгоритм YOLO.

3. На рисунке 2.9 в) показан пример идентификации, а также распознавание пола человека, но в диссертации про это ничего не сказано.

4. Отсутствует сравнение алгоритма распознавания номерного знака технического объекта с существующими распространенными решениями.

5. Замечания по оформлению диссертации: на стр. 31 присутствует пустая строка; рисунок 3.4 нечитаемый; встречаются опечатки, например, на стр. 32 в описании выражения 1.8, на стр. 95 в пункте 7.

#### **Выводы**

В соответствии с формулой научной специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, в диссертации отражены оригинальные результаты одновременно из трех областей: математического моделирования, численных методов и комплексов программ. Результаты относятся к областям исследований по пунктам 3, 4 и 5 паспорта специальности:

3. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий.

4. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.

5. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента.

Автореферат достаточно полно и объективно отражает основные результаты, полученные в работе.

По совокупности представленных в диссертации результатов и с учётом возможностей дальнейшего их использования в системах компьютерного зрения, диссертационная работа «Вычислительный метод и алгоритмы нейронечеткого распознавания людей, транспортных средств и ситуаций на основе видеонаблюдения» соответствует требованиям, предъявляемым ВАК

Российской Федерации к кандидатским диссертациям, а её автор, Жиганов Сергей Викторович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Работа обсуждена на семинаре лаборатории прецизионных оптических методов измерения (№21) ИАПУ ДВО РАН.

Отзыв подготовил  
г.н.с. лаб. №21,  
д.т.н., профессор

Девятисильный Александр Сергеевич  
Адрес: 690041, г. Владивосток,  
ул. Радио 5, ИАПУ ДВО РАН  
Эл. почта: devyatis@dvo.ru

Согласен на обработку моих персональных данных и включение их в материалы, связанные с работой диссертационного совета.

Девятисильный Александр Сергеевич

ИЛИ