

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.12, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 20 января 2016 года публичной защиты диссертации Друки Алексея Алексеевича «Алгоритмы нейросетевого детектирования и распознавания символов на сложном фоне» по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации) на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Время начала заседания: 10-30.

Время окончания заседания: 13-00.

На заседании присутствовали 17 из 21 члена диссертационного совета, в том числе 8 докторов технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, обработка информации и управление (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации):

| №  | Ф.И.О.                                    | Ученая степень                          | Специальность<br>в совете |
|----|---|---|---------------------------|
| 1. | Горцев А.М.,<br>председатель              | доктор технических наук                 | 05.13.01                  |
| 2. | Назаров А.А.,<br>заместитель председателя | доктор технических наук                 | 05.13.01                  |
| 3. | Тарасенко П.Ф.,<br>ученый секретарь       | кандидат физико-<br>математических наук | 05.13.01                  |

|     |                   |                                   |          |
|-----|-------------------|-----------------------------------|----------|
| 4.  | Букреев В.Г       | доктор технических наук           | 05.13.01 |
| 5.  | Васильев В.А.     | доктор физико-математических наук | 05.13.01 |
| 6.  | Воробейчиков С.Э. | доктор физико-математических наук | 05.13.01 |
| 7.  | Дмитренко А.Г.    | доктор физико-математических наук | 05.13.01 |
| 8.  | Дмитриев Ю.Г.     | доктор физико-математических наук | 05.13.01 |
| 9.  | Евтушенко Н.В.    | доктор технических наук           | 05.13.01 |
| 10. | Конев В.В.        | доктор физико-математических наук | 05.13.01 |
| 11. | Кошкин Г.М.       | доктор физико-математических наук | 05.13.01 |
| 12. | Лившиц К.И.       | доктор технических наук           | 05.13.01 |
| 13. | Матросова А.Ю.    | доктор технических наук           | 05.13.01 |
| 14. | Рожкова С.В.      | доктор физико-математических наук | 05.13.01 |
| 15. | Смагин В.И.       | доктор технических наук           | 05.13.01 |
| 16. | Спицын В.Г.       | доктор технических наук           | 05.13.01 |
| 17. | Шумилов Б.М.      | доктор физико-математических наук | 05.13.01 |

**Заседание провёл председатель диссертационного совета доктор технических наук, профессор Горцев Александр Михайлович.**

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить А.А. Друки ученую степень кандидата технических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.12**  
**на базе федерального государственного автономного образовательного**  
**учреждения высшего образования**  
**«Национальный исследовательский Томский государственный университет»**  
**Министерства образования и науки Российской Федерации**  
**по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 20.01.2016 г., № 164

О присуждении **Друки Алексею Алексеевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация **«Алгоритмы нейросетевого детектирования и распознавания символов на сложном фоне»** по специальности **05.13.01** – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации) принята к защите 05.11.2015 г., протокол № 161, диссертационным советом Д 212.267.12 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 798-745/69 от 13.04.2007 г.).

Соискатель **Друки Алексей Алексеевич**, 1985 года рождения.

В 2009 году соискатель окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский политехнический университет».

В 2013 году соискатель очно окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Работает в должности ассистента кафедры вычислительной техники в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре вычислительной техники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, **Спицын Владимир Григорьевич**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», кафедра вычислительной техники, профессор.

Официальные оппоненты:

**Кориков Анатолий Михайлович**, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», кафедра автоматизированных систем управления, заведующий кафедрой

**Протасов Константин Тихонович**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория распространения оптических сигналов, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева**», г. Красноярск, в своем положительном заключении, подписанном **Антамошкиным Александром Николаевичем** (доктор технических наук, профессор, кафедра системного анализа и исследования операций, профессор), указала, что исследования в области распознавания образов, в частности решение задачи распознавания символов на изображениях со сложным фоном, являются одной из самых широко исследуемых и актуальных задач и имеет большую значимость в различных сферах деятельности. Существующие аппаратные и программные системы, используемые для решения данной задачи, как правило, являются коммерческими и закрытыми. Кроме того, большинство из существующих систем не всегда обеспечивают достаточную точность и надежность в сложной реальной обстановке, которая характеризуется присутствием различных искажений, шумов и наличием сложной фоновой структуры на изображениях. Таким образом, можно

сделать вывод, что разработка новых алгоритмов распознавания символов на сложном фоне, подверженных шумовым, аффинным и проекционным искажениям, является актуальной и практически значимой задачей.

В отзыве отмечено, что научная новизна работы А.А. Друки заключается в том что: предложен алгоритм детектирования символов на изображениях со сложным фоновой структурой, который основан на применении алгоритмической композиции из двух сверточных нейронных сетей с оригинальной архитектурой, работающих по принципу последовательной двухэтапной классификации; предложена модификация алгоритма нормализации изображений символов, основанная на построении гистограмм распределения яркости пикселей; разработан алгоритм распознавания символов на изображениях, основанный на применении сверточной нейронной сети с оригинальной архитектурой и позволяющий распознавать символы, не используя процесс их сегментации.

Данные алгоритмы обеспечивают высокую скорость работы, высокую точность классификации и повышенную устойчивость к шумовым, аффинным и проекционным искажениям символов на изображениях.

Результаты диссертации могут применяться в системах безопасности и видеонаблюдения различными организациями для решения задачи распознавания символов на изображениях со сложным фоном, распознавания государственных регистрационных номеров транспортных средств и т.д.

Соискатель имеет 22 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации – 22 работы; опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 5; в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций – 17. Общий объем работ – 7,61 п.л., авторский вклад – 3,85 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук:

1. Друки А. А. Распознавание структурированных символов на изображениях с использованием гистограмм средней интенсивности и сверточной нейронной сети / А. А. Друки, В. Г. Спицын // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 322, № 5. – С. 120–125. – 0,27 / 0,12 п.л.

2. **Друки А. А.** Применение сверточных нейронных сетей для выделения и распознавания автомобильных номерных знаков на изображениях со сложным фоном / А. А. Друки, В. Г. Спицын // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 324, № 5. – С. 85–91. – 0,31 / 0,14 п.л.

3. **Друки А. А.** Алгоритмы распознавания рукописных подписей на основе нейронных сетей / А. А. Друки, М. А. Милешин // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11. – С. 1906–1910. – 0,36 / 0,15 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации, опубликованные в сборниках материалов международных научных конференций, индексируемых в базе данных Scopus:

1. **Bolotova Y. A.** License plate recognition with hierarchical temporal memory model / Y. A. Bolotova, A. A. Druki, V. G. Spitsyn // 9th International Forum on Strategic Technology (IFOST-2014) : proceedings. – Cox's Bazar, Bangladesh, October 21–23, 2014. – Cox's Bazar, 2014. – P. 136–139. – 0,4 / 0,18 п.л.

2. **Druki A. A.** Development of sequential optimizational algorithms for object detection in images / A. A. Druki, V. G. Spitsyn // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2015) : proceedings. – Omsk, May 21–32, 2015. – Omsk, 2015. – P. 172–176. – 0,35 / 0,15 п.л.

На автореферат поступило 6 положительных отзывов. Отзывы представили:

1) **С.В. Панин**, д-р техн. наук, проф., заведующий лабораторией механики полимерных композиционных материалов, заместитель директора по научной работе Института физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск; **П.С. Любугин**, канд. техн. наук, младший научный сотрудник лаборатории механики полимерных композиционных материалов Института физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, *с замечаниями*: недостаточно описаны критерии, по которым были выбраны операции первых двух пунктов алгоритма детектирования области расположения символов, не понятна цель преобразования RGB изображения к полутоновому: почему нельзя использовать в работе алгоритма каждый канал, повышая устойчивость алгоритма; во втором пункте непонятно, почему выбран такой малый диапазон масштабов с шагом всего 10 %, ведь когда мы будем иметь дело с изображениями других разрешений масштабные коэффициенты придется менять. 2) **С.Д. Ерохин**, канд. техн. наук, доц., декан факультета «Информационные технологии» Московского технического университета связи и

информатики, *с замечаниями*: из автореферата непонятно, как СНС-1 производит на изображении выделение областей расположения номерного знака, необходимо более подробное описание; недостаточно выделена суть модификации алгоритма нормализации изображений символов, основанная на построении гистограмм распределения яркости пикселей. 3) **М.В. Щербаков**, д-р техн. наук, исполняющий обязанности заведующего кафедрой «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования» Волгоградского государственного технического университета, *с замечаниями*: при сравнении результатов тестирования предлагаемого алгоритма распознавания символов не приведено обоснование выбора представленных комбинаций существующих подходов (например, ED+ВНА+ССА+KNN), а так же их параметров; при описании результатов тестирования предлагаемого алгоритма с существующими аналогами (например, АвтоУраган-ВСМ) не представлена информация о методике проведения экспериментов. 4) **Ю.В. Шорников**, д-р техн. наук, доц., профессор кафедры автоматизированных систем управления Новосибирского государственного технического университета, *с замечаниями*: отсутствует исследование влияния количества изображений обучающей выборки на результат распознавания символов; в автореферате не приведены схемы разработанных алгоритмов; в результатах тестирования сверточных нейронных сетей не представлены ошибки первого и второго рода. 5) **А.С. Чернявский**, канд. техн. наук, ведущий инженер Управления высокопроизводительных алгоритмов ООО «Исследовательский Центр Самсунг», г. Москва,; **М.Н. Рычагов**, д-р физ.-мат. наук, проф., директор Управления высокопроизводительных алгоритмов ООО «Исследовательский Центр Самсунг», г. Москва, *с замечаниями*: в автореферате не приводятся сведения о размере рецептивных полей сверточных слоев, количестве плоскостей свертки, общем количестве параметров обученной сети и количестве операций, необходимом для детектирования и распознавания автомобильных номеров; чем обосновано то, что в качестве подвыборки автор применяет усреднение, а в роли функции активации выступает гиперболический тангенс, но в современной литературе обычно используется подвыборка с сохранением максимумов (англ. *max pooling*) и ректифицированная линейная функция активации (англ. *ReLU*); таблица 3 неверно подписана, на ней не приводятся результаты тестирования при различных углах отклонения – видимо, в ней показано некоторое среднее значение для всех углов,

либо результат при нулевом отклонении; результаты сравнения разработанной автором системы распознавания с существующими аналогами (рис. 11 и 12) взяты из технических спецификаций программных продуктов и их нельзя считать полноценными, если они не получены на одних исходных данных. б) **Е.А. Рябенко**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Интеллектуальные системы» Московского физико-технического института (государственный университет), Московская область, г. Долгопрудный, *с замечаниями*: нет обоснования выбора активационной функции для сверточных нейронных сетей, стр. 9; нет обоснования выбора порогового значения величины отклика сверточных нейронных сетей, стр. 10.

Авторы отзывов на автореферат отмечают, что диссертационная работа А.А. Друки посвящена решению актуальной задачи в области распознавания образов, компьютерного зрения и обработки изображений посредством искусственного интеллекта. Ценность и новизна работы заключается в том, что предложены новые алгоритмы для решения задачи детектирования области расположения символов, нормализации изображений и распознавания символов на изображениях со сложной фоновой структурой. Предложенные алгоритмы обеспечивают высокую точность классификации и высокую скорость работы при наличии сложного фона, шумов, аффинных и проекционных искажений символов на изображениях.

Полученные автором результаты могут найти применение в системах безопасности, видеонаблюдения, видеоконтроля и могут применяться для решения задачи распознавания автомобильных номерных знаков, маркировок различных объектов и других подобных задач.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что **А.М. Корилов** является известным специалистом в области интеллектуальных систем и распознавания образов; **К.Т. Протасов** – известный специалист в области методов вычислительного интеллекта, распознавания образов и обработки изображений; **Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева** является организацией, широко известной своими достижениями в области методов вычислительного интеллекта, распознавания образов и обработки изображений.

**Диссертационный совет** отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие новые научные результаты:

*предложена* модифицированная структура сверточных нейронных сетей, позволяющая обеспечить высокую точность классификации при наличии сложного фона, шумов, аффинных и проекционных искажений входных данных;

*разработан* новый алгоритм детектирования области расположения строки символов автомобильного номерного знака на изображениях со сложной фоновой структурой, основанный на применении двух сверточных нейронных сетей модифицированной структуры, работающих по принципу последовательной двухэтапной классификации;

*предложена* модификация алгоритма нормализации изображений символов на автомобильных номерных знаках, основанная на построении гистограмм распределения яркости пикселей;

*разработан* новый алгоритм распознавания символов на изображениях автомобильных номерных знаков, основанный на применении сверточной нейронной сети предложенной структуры;

на основе предложенных в работе алгоритмов *разработана* программная система, обеспечивающая высокую точность распознавания автомобильных номерных знаков на изображениях со сложным фоном.

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

*доказана* перспективность применения алгоритмов, основанных на сверточных нейронных сетях и функционирующих по каскадному принципу, для решения задачи детектирования и распознавания строки символов автомобильного номерного знака на изображениях со сложным фоном. Данный подход обеспечивает высокую точность классификации при наличии сложного фона, шумов, аффинных и проекционных искажений входных данных, а так же позволяет сократить вычислительные затраты.

*проведена модернизация* алгоритма нормализации изображений символов на автомобильных номерных знаках, основанная на построении гистограмм распределения яркости пикселей под различными углами на изображении. Данный подход позволяет повысить эффективность определения точного угла наклона строки символов автомобильного номерного знака на изображении и сократить вычислительные затраты.

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

разработаны алгоритмы, позволяющие повысить эффективность распознавания символов автомобильных номерных знаков на сложном фоне, подверженных шумовым, аффинным и проекционным искажениям. Представленные алгоритмы реализованы в виде программной системы.

Разработанные алгоритмы и их программная реализация могут использоваться для решения задач распознавания государственных регистрационных знаков транспортных средств, маркировок технических объектов, номеров железнодорожных вагонов на изображениях и т.д.

### **Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования.**

Результаты диссертационной работы могут найти применение в системах безопасности, видеонаблюдения, видеоконтроля и могут применяться правоохранительными органами, органами ГИБДД и другими организациями для решения задачи распознавания государственных регистрационных знаков транспортных средств и других подобных задач.

Результаты диссертационной работы внедрены в Томском политехническом университете на кафедре Вычислительной техники при подготовке курса «Методы интеллектуальной обработки и анализа изображений» для обучения специалистов по магистерской программе «Компьютерный анализ и интерпретация данных»; в ООО «Сибспецавтоматика» для реализации технологических задач в области видеонаблюдения и обработки изображений; в Северной клинической больнице Федерального государственного бюджетного учреждения «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства» в системах видеонаблюдения для распознавания государственных регистрационных знаков транспортных средств на территории данного учреждения.

### **Оценка достоверности результатов выявила, что:**

все методики исследования, расчеты и реализация алгоритмов проведены корректно с использованием методов вычислительного интеллекта, математического моделирования и методов обработки цифровых изображений (использовались реальные данные, полученные в условиях различной степени освещенности, при различных углах наблюдения);

численные эксперименты проведены на различных тестовых задачах в сопоставлении с известными алгоритмами и имеют согласованность с результатами, полученными другими авторами.

**Личный вклад соискателя состоит в** разработке представленных в диссертации алгоритмов и их программной реализации, в проведении численных экспериментов на различных тестовых задачах, обработке экспериментальных данных, в апробации полученных результатов исследования и подготовке публикаций по теме диссертации.

Диссертация соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные алгоритмы детектирования и распознавания символов на изображениях со сложным фоном, имеющие существенное значение для решения ряда практически важных проблем при распознавании символов на автомобильных номерных знаках, распознавании маркировок различных объектов, детектировании объектов и других задач в области компьютерного зрения и обработки изображений.

На заседании 20.01.2016 г. диссертационный совет принял решение присудить **Друки А.А.** ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации), из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовал: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета

Горцев Александр Михайлович

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Тарасенко Петр Феликсович

20 января 2016 г.\*

