

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.073.04

на базе федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр “Информатика и управление” Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН) по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело _____

решение диссертационного совета от 19 марта 2018 №2

О присуждении Усилину Сергею Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Алгоритмическое развитие Виола-Джонсовских детекторов для решения прикладных задач распознавания изображений» по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)» принята к защите 28 декабря 2017 г., протокол №12, диссертационным советом Д 002.073.04 на базе федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр “Информатика и управление” Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН), 119333, Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2, приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 747/нк от 22 июня 2016 г.

Соискатель Усилин Сергей Александрович, 1986 года рождения, в 2009 году окончил факультет управления и прикладной математики Московского физико-технического института (государственного университета) по специальности «Прикладные математика и физика». С сентября 2009 года по сентябрь 2012 года проходил обучение в очной аспирантуре Московского физико-технического института (государственного университета) по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации». С июня 2013 года по настоящее время работает в должности научного сотрудника лаборатории 9-5 «Взаимодействие человека и компьютера» ФИЦ ИУ РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории 9-5 «Взаимодействие человека и компьютера» ФИЦ ИУ РАН.

Научный руководитель - член-корреспондент Российской академии наук, доктор

технических наук, профессор, Арлазаров Владимир Львович, Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», руководитель отделения №2 «Математическое обеспечение вычислительной техники».

Официальные оппоненты:

1. Мясников Владислав Валерьевич, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», профессор кафедры геоинформатики и информационной безопасности.

Отзыв оппонента положительный, имеются замечания:

- В алгоритме построения «карты направленных границ» (стр.54) используются два пороговых значения T_H и T_L . В тексте работы не указан способ определения указанных параметров. Также не представлен способ решения проблемы построения «карты направленных границ» в ситуации, когда «сильных» граничных точек для построения «истинных границ» оказывается слишком мало (вариант малоконтрастного изображения).
- При описании алгоритма обучения высокоуровневого классификатора в виде решающего дерева (подраздел 3.1) не указан способ (формальная постановка задачи и алгоритм ее решения) построения классификатора очередного уровня и состав используемых им признаков. Также не представлен способ решения проблемы переобучения высокоуровневого классификатора.
- При описании «алгоритма адаптивного выбора распознающих классификаторов» (стр. 85-86) пропущен оператор обновления значения «текущей ценности» классификатора (V_{cur}). При формальном прочтении представленного алгоритма это приведет к его заикливанию и отсутствию изменений в значениях величин $V_1, \dots, V_N$. Нулевые инициализирующие значения указанных величин также представляются ошибочными, так как они не могут быть модифицированы в ситуации, когда первый из алгоритмов (C_i) не детектирует объект.

2. Конушин Антон Сергеевич, кандидат физико-математических наук, Федераль-

ное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», доцент кафедры автоматизации систем вычислительных комплексов.

Отзыв оппонента положительный, имеются следующие замечания и вопросы, требующие уточнения:

- Результаты проведённых экспериментов во втором и третьем разделе не полностью согласуются друг с другом. Так, протестированный детектор колёс на базе обычного алгоритма Виола-Джонса демонстрирует точность 0,9773 при полноте 0,9355 (стр.74). В то время как во второй части, протестированный детектор колёс на базе алгоритма Виола-Джонса показывается для близких точностей полноту от 0.46 до 0.61 (стр.60), что существенно хуже результатов третьей части, при том что базовый алгоритм должен был быть идентичным.
- В работе не приведены результатов экспериментов с алгоритмом, который бы комбинировал предложенные признаки и построение древовидного классификатора. В третьей части, где описывается предложенный алгоритм построения древовидного классификатора, используются только яркостные признаки, и не используются контурные, предложенные во второй части.
- Контурные признаки помимо сравнения с яркостными признаками корректнее было бы сравнить и с градиентными признаками, например, интегральными канальными признаками, в которых происходит учёт всех градиентов по заданному направлению, а не только их мод, как по контурным признакам.
- Как во второй, так и в третьей главах при экспериментах с распознаванием колёс и кредитных карточек измеряются достигнутые характеристики, но при этом не говорится, насколько эти характеристики обеспечивают возможность использования алгоритмов на практике для решения указанных задач. Можно ли считать сформулированные задачи детектирования колёс и распознавания карточек полностью решёнными?

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской акаде-

мии наук», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанным Кузнецовым Олегом Петровичем, доктором технических наук, профессором, заведующим лабораторией №11 «Методов интеллектуализации дискретных процессов и систем управления», указала, что «диссертационная работа Усилина Сергея Александровича «Алгоритмическое развитие Виола-Джонсовских детекторов для решения прикладных задач распознавания изображений» удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)». Диссертация Усилина С.А. соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней; написана соискателем лично, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, содержит сведения о практическом использовании полученных научных результатов. Замечания:

- Понятие «индустриальной распознающей системы» и требования к модулям распознавания данных в таких системах введены недостаточно подробно.
- Представленный алгоритм построения древовидного классификатора не содержит формального описания влияния управляющих параметров на структуру древовидного классификатора.
- Предложенный алгоритм выбора распознающего классификатора опирается на предположение об «идеальности» имеющихся классификаторов в плане качества детектирования и не содержит поправок на возможные ошибки детектирования.
- В диссертационной работе качество детектирования предложенного алгоритма выбора распознающего классификатора сравнивается с классическими методами решения задачи о многоруком бандите, но не учитывает современные алгоритмы решения таких задач.

Соискатель имеет 17 опубликованных научных работ по теме диссертации, в том числе: 5 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 3 публикации в сборниках трудов международных научных

конференций, индексируемых Scopus и Web of Science, а также 9 публикаций в трудах прочих научных конференций. Общий объем опубликованных научных трудов – 11,55 п.л., в которых личный вклад соискателя составляет 9,24 п.л.

Наиболее значительные работы:

1. Усилин, С.А. Использование метода преследования для повышения быстродействия алгоритма многоклассовой детекции объектов в видеопотоке каскадами Виолы-Джонса / С.А. Усилин // Труды Института системного анализа Российской академии наук (ИСА РАН). — М.: Поли Принт Сервис, 2017. — Т. 67. — №1. — С. 75-82.
2. Поляков, И.В. Построение оптимальных каскадов Виолы-Джонса при помощи «жадных» алгоритмов перебора управляющих параметров с промежуточным контролем по валидационной выборке / И.В. Поляков, Е.Г. Кузнецов, С.А. Усилин, Д.П. Николаев // Сенсорные системы. — М.: Наука, 2016. — Т. 30. — №3. — С. 241-248.
3. Усилин, С.А. Распознавание гильоширных элементов: определение страниц паспорта РФ / С.А. Усилин, Д.П. Николаев, Д.Л. Шоломов, В.В. Арлазаров // Труды Института системного анализа РАН. Обработка информационных и графических ресурсов. — М.: URSS, 2013. — Т. 63. — № 3. — С. 106-110.
4. Усилин, С.А. Локализация, ориентация и идентификация документов с фиксированной геометрией на изображении / С.А. Усилин, Д.П. Николаев, В.В. Постников // Труды Института системного анализа РАН. Обработка информационных и графических ресурсов. — М.: URSS, 2010. — Т. 58. — С. 248-261.
5. Гладилин, С.А. Построение устойчивых признаков детекции и классификации объектов, не обладающих характерными яркостными контрастами / С.А. Усилин, Д.П. Николаев, А.А. Котов, С.А. Гладилин // Информационные технологии и вычислительные системы. — М.: ФИЦ ИУ РАН, 2014. — Т. 1. — С. 61-72.
6. Fedorenko, F. Real-time object-to-features vectorisation via Siamese neural networks / F. Fedorenko, S. Usilin // Proceedings of the Ninth International Conference on Machine Vision (ICMV 2016). — SPIE, 2017. — Vol. 10341. — 103411R.
7. Minkina, A. Generalization of the Viola-Jones method as a Decision Tree of Strong Classifiers for Real-time Object Recognition in Video Stream / A. Minkina, D. Nikolaev,

S. Usilin, V. Kozyrev // Proceedings of the Seventh International Conference on Machine Vision (ICMV 2014). — SPIE, 2015. — Vol. 9445. — 944517.

8. Usilin, S. Visual Appearance Based Document Image Classification / S. Usilin, D. Nikolaev, V. Postnikov, G. Schaefer // Proceedings of the 17th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2010). — IEEE, 2010. — P. 2133-2136.

На автореферат поступило 4 положительных отзыва, которые подписали:

1. Карнаухов Виктор Николаевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук (ИППИ РАН), заведующий лабораторией Методов анализа и цифровой обработки изображений, отмечает:

- Несмотря на частое использование понятия «индустриальная распознающая система», в автореферате не представлено формального определения данного термина.
- В автореферате недостаточно конкретно описан алгоритм построения высокоуровневого классификатора в виде решающего дерева, представлен лишь ряд основных положений, на которых построен алгоритм.

2. Фортунатов Антон Александрович, кандидат физико-математических наук, Московский физико-технический институт (государственный университет), ассистент кафедры радиоэлектроники и прикладной информатики, отмечает:

- Недостаточно подробное описание особенностей промышленных распознающих систем.
- Скучный обзор существующих модификаций алгоритма Виолы и Джонса;
- Отсутствие актов о внедрении, подтверждающие практическую пользу полученных результатов.

3. Костров Борис Васильевич, доктор технических наук, профессор, Рязанский государственный радиотехнический университет, заведующий кафедрой «Электронные вычислительные машины» РГРТУ, и Никифоров Михаил Борисович, кандидат технических наук, доцент, Рязанский государственный радиотехнический университет, директор научно-образовательного центра «СпецЭВМ» РГРТУ, отмечают:

- Из текста автореферата не ясно, подходит ли представленное в первой главе семейство признаков только для ригидных (геометрически жестких) объек-

тов или его можно использовать для обучения классификаторов объектов общего вида, обладающих характерными граничными особенностями.

- Размер тестового набора данных, на котором оценивалась эффективность алгоритма многоклассовой детекции, невелика (всего 29 представлений банковских карт), что поднимает вопрос о надежности полученной оценки.

4. Садеков Ринат Наилевич, доктор технических наук, доцент, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», профессор кафедры «Инженерной кибернетики», отмечает:

- Выносимое на защиту положение «Разработано семейство признаков ...» основывается на использовании метода Канни, при этом в автореферате не содержится обоснования «особых» свойств, впервые предложенного семейства признаков в частности, их инвариантность к освещенности;
- Сравнение новой математической модели высокоуровневого классификатора в автореферате производится только с классическим каскадным классификатором, описанным в оригинальной работе Виолы-Джонса хотя автор признает о существовании множества его модификаций;
- Из автореферата не ясен непосредственно алгоритм обучения древовидного классификатора, присутствуют только определение взвешенного каскада и формулы для оценки качества работы построенного высокоуровневого классификатора;
- Из автореферата не ясно, как для систем реального времени формируется вознаграждение, когда отсутствует обратная связь о качестве проведенного распознавания и факте нахождения объекта на кадре;
- Выносимое на защиту положение «Создан программный комплекс обучения классификаторов ...» на наш взгляд не является научным результатом (п. 10 Положения о присуждении ученых степеней), т.к. не имеет самостоятельной научной значимости и подчеркивает высокий уровень практической реализации полученных результатов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области обработки цифровых изображений и распознавания образов, что подтверждается направлениями их исследований и публикациями в

высокорейтинговых научных журналах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: предложено новое семейство признаков для алгоритма Виолы и Джонса, устойчивых к различным параметрам освещенности и учитывающих геометрические особенности объектов, **предложена** новая математическая модель высокоуровневого классификатора Виолы и Джонса в виде решающего дерева сильных классификаторов, обеспечивающая лучшую по сравнению с каскадом полноту и реализующая функциональность дообучения классификатора, **разработан** алгоритм обучения классификатора Виолы и Джонса в виде решающего дерева, **разработан** алгоритм адаптивного выбора распознающего классификатора Виолы и Джонса в задаче многоклассовой детекции объектов в видеопоследовательности.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что: **введено** определение взвешенного классификатора, позволяющего обучать древовидный классификатор по аналогии с каскадом, впервые **сформулирована** задача многоклассовой детекции объектов в видеопотоке в случае, когда в каждый момент времени на кадре может присутствовать не более одного объекта, **использованы** методы обучения машин с подкреплением для решения задачи многоклассовой детекции объектов в видеопотоке.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что на базе полученных результатов **разработан** программный комплекс детекции объектов objed, **внедренный** в ряд промышленных распознающих систем:

- систему классификации автомобилей по геометрическим характеристикам АКТС-4 (эксплуатируется на 200 полосах пунктов взимания платы автомагистралей России М1 «Беларусь», М4 «Дон» и Западного Скоростного Диаметра Санкт-Петербурга);
- программные продукты распознавания документов Smart IDReader и Smart PassportReader (используются в ГС МИР, РЖД, Аэрофлот, Почта Банк, Аль-

фа-Банк, Ренессанс Страхование и других крупных государственных и коммерческих организациях);

- интеллектуальную систему автономного вождения C-Pilot (система содействия водителю, используется в опытных образцах автомобилей КАМАЗ).

Достоверность результатов исследования подтверждается тем, что корректным образом использован математический аппарат, представлены численные сравнения предложенных методов и алгоритмов с известными. Представленные в диссертации примеры и численные эксперименты подтверждают эффективность авторского подхода и свидетельствуют о корректности основных результатов и выводов диссертационной работы. Основные положения и результаты диссертации прошли апробацию на профильных международных научных конференциях, а также были обсуждены на научно-исследовательском семинаре по распознаванию и анализу изображений «Анализ и понимание изображений».

Личный вклад соискателя состоит в следующем. Соискателем разработано новое семейство признаков, опирающихся на геометрические особенности объектов, предложена модель высокоуровневого классификатора в виде решающего дерева сильных классификаторов, введено понятие взвешенного каскада, а также разработан алгоритм обучения древовидного классификатора. Соискателем впервые поставлена задача многоклассовой детекции объектов в видеопотоке в случае, когда в каждый момент времени на кадре может присутствовать не более одного объекта, для решения которой использованы методы обучения машин с подкреплением. Соискателем была выполнена обработка экспериментальных данных, а также подготовлены основные публикации по теме диссертации. Соискатель также принимал непосредственное участие в создании программного модуля.

На заседании 19 марта 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Усилину С.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 30

человек, из них 13 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 42 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 29, против - 0, недействительных бюллетеней- 1.

Председатель диссертационного
совета Д 002.073.04, академик РАН



Ю.С. Попков

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 002.073.04, д.т.н., профессор
«19» марта 2018 г.

В.Н. Крутько