

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки Институт проблем
управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук,
чл.-кор. РАН, д-р. техн. наук, проф.



/ Д.А. Новиков

«5» декабря 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Усилина Сергея Александровича
«Алгоритмическое развитие Виола-Джонсовских детекторов для
решения прикладных задач распознавания изображений»,
представленную на соискание ученой степени кандидата наук по
специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка
информации (информационно-вычислительное обеспечение)»

Актуальность темы. Диссертация Усилина С.А. посвящена развитию известного метода распознавания изображений – метода поиска объектов Виолы–Джонса. Несмотря на то, что этот метод изначально разрабатывался для поиска лиц на изображениях в режиме реального времени, в настоящее время его различные модификации активно применяются в задачах поиска на изображениях пешеходов, транспортных средств, дорожных знаков и множества других объектов с условно-фиксированной проекцией (так называемых ригидных объектов). Такая популярность обусловлена тем фактом, что метод показывает отличные результаты и высокую стабильность к геометрическим искажениям и яркостным изменениям. Однако, несмотря на кажущуюся универсальность оригинального алгоритма, он оказывается неприменимым при решении целого ряда прикладных задач распознавания изображений. Так, например, на сегодняшний день задача поиска объектов чаще решается на видеопоследовательности, а использование детекторов в промышленных распознающих системах автоматически порождает проблему дообучения детектора с использованием новых данных. Кроме того, несмотря на большое количество существующих модификаций пространства признаков, все еще актуальной является задача разработки признаков, эффективных как с точки зрения выделения ключевых особенностей

объектов, так и с вычислительной точки зрения. Диссертационная работа Усилина С.А. посвящена развитию оригинального метода Виолы–Джонса в указанных областях, что обуславливает ее **актуальность**. Предлагаемые соискателем подходы и алгоритмы позволяют повысить применимость метода Виолы–Джонса для решения прикладных задач в промышленных распознавающих системах.

Основная цель диссертационной работы заключается в повышении эффективности метода Виолы–Джонса (повышение производительности и качества детектирования объектов) при использовании в индустриальных системах распознавания.

Структура и содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти основных разделов, заключения, списка используемых по тексту работы сокращений и условных обозначений, списка использованной литературы, список публикаций автора по теме диссертации, а также трех приложений. Общий объем работы составляет 149 страниц (с учетом приложений), содержит 36 рисунков и 10 таблиц. Список литературы представлен 128 наименованиями.

В введении обоснована актуальность темы диссертации, показана степень разработанности данной научной области, определен предмет исследования. Далее сформулированы цель и задачи исследования, приведен список достигнутых научных результатов и перечень положений, выносимых на защиту.

В первом разделе содержится обзор оригинального метода поиска объектов Виолы–Джонса, представлены определения и теоремы, необходимые для подробного описания метода. В конце раздела рассмотрены существующие модификации метода в части используемого пространства признаков, обучающего алгоритма и каскадной структуры классификатора, а также проведен анализ применимости алгоритма и представленных модификаций для решения задач детектирования объектов в индустриальных распознавающих системах.

Во втором разделе представлено новое семейство признаков, устойчивых к различным параметрам освещенности и не обладающих характерными яркостными особенностями. Данные признаки представляют собой прямоугольные признаки Хаара, вычисляемые поверх карты направленных границ, что позволяет существенно улучшить их обобщающую силу. Эффективность описанных признаков показана на примере решения двух задач распознавания: распознавание образов колес на фотографиях в боковом ракурсе и распознавание номера кредитной карты.

В третьем разделе представлена модель классификатора Виолы–Джонса в виде решающего дерева и описан алгоритм обучения такого классификатора. В разделе приведено определение взвешенного каскада, с помощью которого удается построить алгоритм обучения древовидного классификатора аналогично методу обучения классического каскадного классификатора Виолы–Джонса. Разработанная модель обучения древовидного классификатора обладает двумя важными преимуществами перед классическим каскадом: лучшее качество детектирования вариативных объектов и возможность дообучения классификатора при расширении обучающей выборки. Оба преимущества продемонстрированы при решении двух задач: распознавание образов колес на фотографиях в боковом ракурсе и в задаче поиска логотипа платежной системы VISA на изображениях банковских карт.

В четвертом разделе описан оригинальный метод адаптивного выбора распознающих классификаторов Виолы–Джонса в задаче многоклассовой детекции объектов в видеопотоке для систем распознавания, работающих в режиме реального времени, в случае, когда в каждый момент времени на кадре может присутствовать не более одного объекта. Метод использует информацию, накопленную по уже обработанным видеокадрам, с целью выбора наилучшего классификатора для текущего видеокадра. При этом представленный алгоритм выбора лучшего классификатора реализует идею выбора действия в задаче об n-руку. Эффективность разработанного в диссертационной работе алгоритма показана на примере решения задачи определения типа банковской карточки в видеопотоке.

Пятый раздел посвящен проектированию и реализации программного комплекса детекции объектов методом Виолы–Джонса, содержащего имплементацию полученных в рамках диссертационной работы научных результатов. В результате был разработан программный комплекс objed, который используется в следующих индустриальных распознающих системах:

- Автоматический классификатор транспортных средств «АКТС-4»;
- Системы распознавания документов, удостоверяющих личность, Smart PassportReader и Smart IDReader;
- Интеллектуальная система автономного вождения Cognitive C-Pilot.

В заключении приведены основные результаты диссертации, кратко указана сфера их апробации.

Приложения содержат подробное описание алгоритма AdaBoost, краткое описание основных составляющих программного комплекса objed, а

также сканы охранных документов на результаты интеллектуальной деятельности, в которых применяются методы, изложенные в диссертации.

Научная новизна исследований. В диссертации Усилина С.А. получены следующие новые научные результаты.

1. Представлено семейство признаков для алгоритма Виолы–Джонса, устойчивых к различным параметрам освещенности и учитывающих геометрические особенности объектов.

2. Разработан важный в первую очередь с теоретической точки зрения подход к построению высокоуровневого классификатора Виолы–Джонса в виде решающего дерева общего вида.

3. Впервые предложен алгоритм многоклассовой детекции объектов на видеопоследовательности, использующий методы машинного обучения с подкреплением. Продемонстрирована эффективность описанного алгоритма на практических примерах.

Практическая значимость полученных результатов заключается в адаптации метода Виолы–Джонса к использованию в индустриальных условиях. Разработан программный комплекс детекции объектов, реализующий методы, полученные в работе. Результаты работы внедрены в систему классификации автомобилей, в интеллектуальную систему автономного вождения, а также в информационные системы ряда российских банков и страховых компаний.

Апробация полученных результатов. Основные научные результаты диссертации опубликованы в 23 публикациях, в том числе: 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 3 публикации в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science; докладывались на 7 конференциях, в том числе на трех международных конференциях по машинному зрению.

Замечания к работе:

1) понятие «индустриальной распознавающей системы» и требования к модулям распознавания данных в таких системах введены недостаточно подробно;

2) представленный алгоритм построения древовидного классификатора не содержит формального описания влияния управляющих параметров на структуру древовидного классификатора;

3) предложенный алгоритм выбора распознавающего классификатора опирается на предположение об «идеальности» имеющихся классификаторов в плане качества детектирования и не содержит поправок на возможные ошибки детектирования;

4) 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.

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Выводы. Содержание диссертации Усилина С.А. соответствует паспорту специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)» в пунктах: 2 – Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации; 4 – Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации; 5 – Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

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. Автореферат соискателя соответствует содержанию диссертации.

Таким образом, 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)».

Отзыв подготовил:

д.т.н. проф. заведующий лабораторией № 11 «Методов интеллектуализации дискретных процессов и систем управления»
Кузнецов Олег Петрович

О.П. Кузнецов

Отзыв обсужден на совместном семинаре лабораторий 11, 25 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук 5 марта 2018 г. протокол № 1/2018г. от 5 марта 2018 г.

Председатель семинара доктор технических наук, профессор

 О.П. Кузнецов

Секретарь семинара доктор физико-математических наук

 Л.Ю. Жилякова

Адрес организации

117997, ГСП-7, В-342, г. Москва, Профсоюзная, 65,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской
академии наук

Телефон: +7 495 334-89-10

