

## ОТЗЫВ

**официального оппонента** кандидата технических наук Голубева Максима Николаевича на диссертацию Матвеева Дмитрия Вячеславовича «**Разработка алгоритмов анализа аудитории для систем прикладного телевидения**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

### **Актуальность темы диссертационного исследования**

Ключевой проблемой систем анализа аудитории является решение задачи обнаружения людей на видеоизображениях при различных ракурсах видеокамер. Целью решения такой задачи является определение наличия человека на видеопоследовательности и нахождение его положения. Алгоритмы, решающие задачу обнаружения людей, лежат в основе современных интерфейсов взаимодействия систем прикладного телевидения с человеком, находящих применение в следующих областях: охранное видеонаблюдение, робототехника, следящие системы, системы помощи водителю, системы спортивной видеоаналитики. В зависимости от ракурса камеры объектом интереса систем анализа аудитории может служить лицо человека (задача детектирования лиц), его фигура (задача детектирования пешеходов) или верхняя часть головы (задача анализа видеоизображений с купольных камер).

В реальных системах прикладного телевидения задачу детектирования объектов приходится решать в условиях наличия искажений, связанных с помехами в радиотехнических устройствах и сжатием двумерного сигнала. Поэтому для эффективного решения поставленной задачи требуется применение специализированных алгоритмов цифровой обработки изображений и технического зрения, работающих в режиме реального времени и позволяющих обнаружить человека в условиях наличия шумов и помех, характерных для телевизионных изображений. Решению этой актуальной научно-технической задачи и посвящена рассматриваемая диссертационная работа.

Результаты научных исследований диссертанта являются новыми. Наиболее значимые **научные результаты диссертационной работы** состоят в следующем:

1. Разработан алгоритм детектирования лиц на видеоизображениях с использованием ансамбля решающих деревьев.
2. Разработана модификация алгоритма Далала-Триггса с использованием классификатора на базе бустинга и переобучения на сложных примерах для детектирования пешеходов на видеоизображениях;
3. Разработан алгоритм детектирования головы человека на видеоизображениях, полученных с помощью купольных камер, с

дополнительным классификатором на основе гистограмм направленных градиентов.

Новизна и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждены апробацией на международных и всероссийских научных конференциях. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, из них 4 статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК и 13 докладов на научных конференциях различного уровня.

**Практическая значимость результатов** диссертационной работы подтверждается следующими положениями:

1. Разработана методика и программное обеспечение для исследования алгоритмов детектирования человека на телевизионных изображениях при различных ракурсах видеокамер.
2. Проведен анализ работы алгоритмов детектирования лиц на телевизионных изображениях и предложен новый алгоритм, с использованием ансамбля решающих деревьев, позволяющий улучшить комплексные характеристики системы в среднем на 13%.
3. Предложены, реализованы на языках высокого уровня и протестированы робастные алгоритмы детектирования головы человека для диагонального и вертикального ракурса камер, позволяющие повысить точность обнаружения человека по сравнению с известными подходами.

#### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

Разработанные алгоритмы требуют для их практической реализации относительно небольших вычислительных ресурсов, что позволяет использовать их для обработки телевизионных изображений в системах анализа аудитории, распознавания образов и слежения за объектами, охранного телевидения и в других прикладных радиотехнических и телекоммуникационных задачах.

#### **Структура работы**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 115 наименований, и приложения. Она изложена на 114 страницах машинописного текста, содержит 29 рисунков и 18 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи исследования, изложены основные положения, выносимые на защиту, показаны научная новизна и практическая значимость работы.

**В первой главе** рассмотрены современные задачи, методы и алгоритмы в области систем анализа аудитории. Представлен обзор существующих алгоритмов детектирования людей, метрики оценки качества работы соответствующих детекторов. Рассмотрены современные алгоритмы машинного обучения на основе бустинга, локальных бинарных шаблонов, ансамблей решающих деревьев.

**Во второй главе** предлагается новый алгоритм детектирования лиц на основе каскада ансамблей решающих деревьев (АРД). Предлагаемый подход является модификацией стандартного алгоритма детектирования Виолы-

Джонса, с применением сканирования изображения каскадом бинарных классификаторов.

Тестирование и анализ характеристик полученных детекторов проводились на базе изображений Robotics, содержащей 6623 изображения 90 людей, головы которых повернуты относительно вертикальной оси на углы в интервале  $[-90^\circ; +90^\circ]$  с шагом в  $5^\circ$ .

Полученные результаты показывают, что предложенный алгоритм АРД увеличивает площадь под ROC-кривой на 13 % по сравнению со стандартным подходом на основе бустинга (алгоритм Виолы-Джонса).

Исследования робастности алгоритма детектирования на основе АРД показывают, что аддитивный белый гауссовский шум (АБГШ), мультипликативный и импульсный шум вида «соль-и-перец» оказывают сильное влияние на его работу.

Также установлено, что искажения типа размытие и сжатие стандартными алгоритмами JPEG и JPEG2000 оказывают слабое влияние на работу алгоритма.

**В третьей главе** рассматривается модификация и исследование алгоритма детектирования пешеходов, основанного на HOG-дескрипторах.

Проведенный эксперимент на изображениях из базы INRIA показал значительный перевес алгоритмов, использующих вектор HOG-признаков для описания изображения, над алгоритмом, использующим хааровские признаки. Модификация алгоритма Далала-Триггса позволила увеличить полноту на 9 %, а точность на 10 % в сравнении с оригинальным алгоритмом.

В случае с кадрами из видеопоследовательностей из базы CVC-02 Pedestrian модифицированный алгоритм демонстрирует значительно более высокую точность работы (91 % против 65 %), чем алгоритм Далала-Триггса, за счет переобучения исходного классификатора на ложных отрицательных срабатываниях детектора в области фона, но при этом требует больше времени для обучения и настройки.

Проведены исследования робастности предлагаемого алгоритма детектирования пешеходов для АБГШ. Модифицированный алгоритм детектирования фигуры человека показывает большую робастность к присутствию на видеоизображении такого шума, что особенно заметно на средних степенях зашумления, при  $\sigma=10-20$ , что соответствует изображениям, получаемым в практических приложениях прикладного телевидения.

**В четвертой главе** проводится разработка алгоритмов детектирования голов на видеоизображениях с купольных (потолочных) камер. Анализ видеопотока с вертикально направленных камер – достаточно новое направление исследований, поэтому для обучения и тестирования алгоритмов использовался ряд видеопоследовательностей, подготовленные автором. Их разрешение варьировалось от 640x480 до 1920x1080 пикселей, а высота подвеса камеры менялась от 2,5 до 7 метров. Изменялись также параметры плотности потока людей, скорости их перемещения, уровень освещенности в здании, тип используемой камеры.

Разработаны и исследованы пять алгоритмов детектирования людей на видеоизображениях с купольных камер (на основе детектирования движения, на основе контекста формы, на основе НОГ-признаков, на основе бустинга и на основе ЛБШ). Установлено, что наилучшие результаты получены для алгоритмов на основе НОГ-признаков (большая область детектирования) и бустинга (малая область детектирования).

Разработан и исследован алгоритм постклассификации истинно положительных и ложно положительных результатов на основе вычисления НОГ-признаков. Применение дополнительного классификатора позволило увеличить показатель F-меры для алгоритма на основе бустинга на 6 %, а для алгоритма на основе ЛБШ на 10 %.

Установлено, что уровень подвеса камеры при моделировании спортивной съемки не оказывает существенного влияния на работу предложенного алгоритма детектирования на основе бустинга. Также установлено, что увеличение скорости передвижения людей (с ходьбы на легкий бег) снижает процент правильно подсчитанных людей на 13 %.

**В заключении** приведены основные результаты, полученные в диссертационной работе.

**Автореферат диссертации** соответствует ее содержанию.

#### **Соответствие специальности**

По характеру поставленной цели, перечню решаемых задач и методов исследования представленная работа соответствует заявленной специальности.

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

1. Несмотря на большое число существующих подходов и методов тестирование предлагаемого детектора лиц (п. 2.4) производится в сравнении только с классическим методом Виолы-Джонса.
2. Не приводятся результаты по скорости работы предлагаемых алгоритмов детектирования на конкретных аппаратных платформах.
3. Результаты работы алгоритма Виолы-Джонса для детектирования пешеходов на изображениях из базы CVC-02 Pedestrian в автореферате (табл. 2, стр. 10) и диссертации (табл. 3.2, стр. 74) не совпадают.
4. Не поясняется, для какой тестовой базы видеопоследовательностей приведены результаты в табл. 4.4.
5. Достаточно поверхностно описано применение предлагаемых алгоритмов к анализу спортивных видеопоследовательностей. Приводятся лишь краткие описания методов (п. 1.4.) и полученных оценок (п. 4.10).

#### **Заключение**

Диссертационная работа «Разработка алгоритмов анализа аудитории для систем прикладного телевидения» соответствует требованиям ВАК,

предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Матвеев Дмитрий Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Официальный оппонент  
кандидат технических наук,  
инженер-проектировщик систем безопасности  
ООО «Профстройсеть», г. Москва



Максим  
Николаевич  
Голубев

129347, Россия, г. Москва, ул. Палехская, д. 122,  
корп. 2, оф. 54  
ООО «Профстройсеть»  
Тел.: +74955086760, e-mail: office@profstroiset.ru

Подпись к.т.н. М.Н. Голубева заверяю  
Генеральный директор ООО «Профстройсеть»  
«10» февраля 2016 г.



К.П. Новацкий

