

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Калиновского Ильи Андреевича «Метод нейросетевого детектирования лиц в видеопотоке сверхвысокого разрешения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

### **Актуальность темы диссертации**

В настоящее время одной из самых известных задач в области искусственного интеллекта и компьютерного зрения является детектирование лиц на изображениях и в видеопотоке. При этом алгоритмы идентификации применяются не только в системах видеонаблюдения при распознавании личности, но и для автоматической фокусировки в фото и видеокамерах, человеко-машинного взаимодействия и много другого. Несмотря на большое количество исследований, существующих в данной области, отсутствуют известные системы компьютерного зрения, способные обнаружить и распознать человека в любых условиях. Причинами этого являются: сильная изменчивость объекта идентификации, связанная с освещенностью, масштабом, ракурсом, фоном, шумом и другими факторами, информативность классификационных характеристик и зависимость качества детектирования от его скорости. Кроме этого, постоянное совершенствование камер видеонаблюдения предъявляет новые требования к алгоритмам идентификации в плане их вычислительной сложности. Таким образом, диссертационная работа Калиновского И.А., посвященная решению задачи детектирования лиц в видеопотоке сверхвысокого разрешения, является актуальной. Значимость работы подтверждается также тем, что разработка алгоритмов и их реализация проводилась при поддержке грантов РФФИ № 12-08-00296 «Создание комплексных технологий распознавания объектов на изображениях на основе применения моделей зрительного восприятия и методов вычислительного интеллекта» (2012 – 2014 гг) и Фонда содействия инновациям по программе «У.М.Н.И.К.» в рамках проекта «Разработка системы биометрической видеоаналитики сверхвысокого разрешения» (2016 – 2017 гг.).

**Цель** данной диссертационной работы отражает конечный результат. Однако в ее формулировке остается непонятным термин «маломощное вычислительное устройство», которое требует уточнения. **Задачи**, указанные во введении, логически выводятся из цели, и их реализация позволяет достичь желаемого результата

**Основными научными результатами данной диссертационной работы:**

1. Метод детектирования лиц, основанный на применении каскада компактных сверточных нейронных сетей.

2. Способ постобработки результатов работы первой стадии каскада классификаторов, заключающийся в эквализации гистограммы и зеркальном отражении участков изображений.

3. Алгоритмы вычисления двумерной свертки, основанные на использовании быстрых полиномиальных преобразований.

4. Модификация алгоритма детектирования, основанная на асинхронном параллельном выполнении стадий каскада классификаторов одновременно на CPU и GPU в гетерогенной вычислительной среде.

Все полученные автором результаты обладают **научной новизной** и отражены в выносимых на защиту научных положениях.

В своем исследовании диссертант использовал следующие современные инструменты и **методы исследования**: технологии искусственных нейронных сетей, методы цифровой обработки сигналов, распознавания образов, параллельных вычислений, теории вероятностей и математической статистики, а также численные методы.

Результаты диссертационной работы в достаточной форме представлены на международных и всероссийских конференциях, опубликованы в трех периодических журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (из них одна статья в журнале, индексируемом Scopus).

**Теоретическая значимость работы** состоит в разработке новых методов и алгоритмов, которые могут быть адаптированы для решения аналогичных задач в различных областях.

**Практическое значение работы** заключается в возможности использования разработанных программных средств в современных системах

видеонаблюдения в режиме реального времени. В частности детекторы лиц, разработанные автором способны улучшить результаты идентификации личности по таким параметрам, как дальность обнаружения лиц и время, затрачиваемое на этот процесс.

**Автореферат** в основном соответствует содержанию диссертации.

В **первом разделе** работы дан достаточно полный обзор исследований по данной тематике. Показано хорошее сравнение существующих подходов к решению задачи классификации, указаны сильные и слабые стороны методов и алгоритмов. Выявлены следующие недостатки раздела:

1) Осталось непонятным то, какие же методы детектирования лиц чаще всего используются в промышленных системах видеонаблюдения, например в аэропортах, вокзалах и станциях метро.

Во **второй главе** приводится подробное описание предложенного метода обнаружения лиц на изображениях и в видеопотоке. Показана структура разработанного детектора. Представлены архитектуры, используемых сверточных нейронных сетей. Изложены методы постобработки результатов работы первой стадии каскада, входящих в блок «анализ кандидатов». Приведены результаты оценки степени инвариантности детектора к позе лица и его освещенности. По главе сделаны следующие замечания:

1) В работе не поясняется, каким образом выбирались параметры для функции активации нейронов – гиперболического тангенса;

2) Не приведены причины выбора размеров изображений, предъявляемых на вход различных сверточных сетей каскада.

3) На стр. 62 говорится о том, что конфигурирование нейронных сетей основывалось на интуиции. Почему для этого не применялись стандартные методы построения и прореживания нейронных сетей, например, «генетический алгоритм» и «optimal brain damage» соответственно?

**Третий раздел** посвящен тестированию разработанного детектора на основе различных наборов изображений и видеоданных. Приводится описание методов обнаружения лиц, которые сравниваются с разработанным автором детектором. Показаны результаты оценки достоверности обнаружения лиц различными алгоритмами на одинаковых наборах данных и их быстроедействие. Замечание к разделу:

1) Возможно текст в третьей главе перегружен показанными примерами обнаружения. Нагляднее было приводить аннотации лиц и результаты их детектирования на одном изображении разными цветами.

В четвертой главе изложены подходы к оптимизации разработанного детектора лиц. Приведена рациональная аппроксимация гиперболического тангенса. Описаны результаты уменьшения числа арифметических операций, необходимых для вычисления 2D-свертки, путем применения полиномиальных преобразований Нуссбаумера. Предложен асинхронный режим выполнения каскадного классификатора одновременно на CPU и GPU. Продемонстрирована возможность обнаружения лиц в видеопотоке сверхвысокого разрешения. Выявлены следующие недостатки раздела:

1) Асинхронный режим предполагает выполнение первой стадии каскада на GPU, а второй и третьей на CPU. В связи с этим наборы «кандидатов» могут создавать очередь, ожидая своей обработки на CPU. Влияет ли производительность GPU на время этого ожидания?

2) Промышленные системы видеонаблюдения могут комплектоваться несколькими GPU. Возможно, использование второй GPU для выполнения второй и третьей стадий каскада будет более эффективным, чем CPU?

Текст диссертационной работы написан понятным научным языком, разделы представлены в логическом порядке. В работе содержатся все необходимые пояснения, таблицы и иллюстрации.

### **Заключение**

Отмеченные недостатки не снижают качество исследования Калиновского И.А., так как они не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационной работы. Диссертация Калиновского И.А. на соискание ученой степени кандидата наук является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на достаточно высоком научном уровне. Результатом работы является решение актуальной научной задачи разработки эффективного метода детектирования лиц в видеопотоке сверхвысокого разрешения, имеющей существенное значение для развития методов и средств распознавания образов.

Приведенные результаты можно классифицировать как новые, обоснованные и имеющие значительное практическое и научное значение. Работа отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней»

в части требований, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует паспорту научной специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей. Автор диссертации Калиновский И.А. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Официальный оппонент,  
научный сотрудник  
группы атмосферной акустики  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Институт оптики  
атмосферы им. В. Е. Зуева  
Сибирского отделения  
Российской академии наук,  
кандидат технических наук  
(05.13.18 – Математическое моделирование,  
численные методы и комплексы программ)  
28.11.2016 г

 Скороходов Алексей Викторович

Подпись

Скороходова Алексея Викторовича

заверяю:

Ученый секретарь ИОА СО РАН



 О.В. Тихомирова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук (ИОА СО РАН)

Адрес: 634055, Россия, г. Томск, площадь Академика Зуева, дом 1

Тел.: +7 (3822) 49-27-38

Факс: +7 (3822) 49-20-86

E-mail: [mgg@iao.ru](mailto:mgg@iao.ru)

Веб-сайт: <http://www.iao.ru>