

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра математического обеспечения вычислительных комплексов и  
информационных систем

**РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕДЛОЖЕНИЯ С  
ВИЗУАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ КЛИЕНТОВ  
АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 2 курса 273 группы

направления 02.04.03 Математическое обеспечение и

администрирование информационных систем

факультета компьютерных наук и информационных технологий

Рафикова Рафиса Марсовича

Научный руководитель:

Д. ф.-м. н.

Д.К. Андрейченко

\_\_\_\_\_

(подпись, дата)

Зав. кафедрой:

Д. ф.-м. н.

Д.К. Андрейченко

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Саратов 2020

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** В настоящее время все большую актуальность приобретает видеоаналитика, то есть технология, которая использует инструменты компьютерного зрения в целях автоматизированного сбора разнообразной информации на базе последовательности кадров, получаемых с видеокамер в реальном времени или из видеозаписей. Указанная технология применима для целей видеонаблюдения, системах обеспечения безопасности, в сфере торговли, транспортного обслуживания.

Принимая во внимание экспертные оценки, в частности, оценки MarketsandMarkets на ближайшую перспективу, удельный вес рынка видеоаналитики будет находиться на этапе интенсивного роста. Так, к 2021 году такой рост может составить до четырех миллиарда долларов, уже к 2023 году могут быть достигнуты показатели на уровне 8 миллиардов долларов. Активный рост данного сегмента характерен и для российского рынка.

Технологии распознавания лиц применяются в самых разнообразных сферах:

- обеспечение безопасности в местах большого скопления людей;
- верификация банковских карт;
- онлайн-платежи;
- телеконференции;
- мобильные приложения;
- поиск фото в больших базах фотоснимков;
- отметка людей на фото в социальных сетях и многие другие.

Особенно перспективным видится использование технологий распознавания лиц для анализа потребительского поведения. Идентифицировав отдельного посетителя, можно лучше понять паттерны его поведения, привычки. Например, частоту посещений и маршруты перемещения по магазину. Кроме того, можно создать профили с характеристиками для каждого отдельного клиента и подготовить для них персонализированные предложения.

**Цель магистерской работы** – разработка распределенной системы автоматизированного формирования предложения с видеоидентификацией клиентов.

Поставленная цель определила **следующие задачи**:

1. Рассмотрение общего процесса и методов визуальной идентификации лиц,
2. Анализ алгоритмов детектирования лиц в видеопотоке, выявление наиболее эффективного алгоритма,
3. Анализ алгоритмов распознавания лиц в видеопотоке, выявление наиболее эффективного алгоритма,
4. Изучение архитектуры, основных компонентов и программных средств библиотеки компьютерного зрения OpenCV,
5. Проектирование и реализация распределенной системы автоматизированного формирования предложения с визуальной идентификацией клиентов.

**Методологические основы** визуальной идентификации лиц представлены в работах Д. Форсайта, Дж. Пинса, П. Виолы, М. Джонса, В. Гупта, Д. Шарма, Х. Роули, Т. Канадэ, А.Н. Земцова, Е.А. Дружинина, О.К. Погудиной, И.В. Юрко, В.Н. Алдобаева.

**Теоретическая значимость магистерской работы.** В рамках работы показано, что для оперативного решения задачи видеоидентификации клиентов из некоторого закрытого списка в реальном времени наиболее эффективно совместное использование метода Виолы-Джонса для детектирования и локальных бинарных шаблонов (LBRH-алгоритм) для распознавания лиц.

**Практическая значимость магистерской работы.** Предложенные методы и алгоритмы реализованы в виде комплекса программ, образующих распределенную систему видеоидентификации клиентов с последующим автоматическим формированием маркетингового предложения

**Структура и объём работы.** Магистерская работа состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка использованных источников и 1 приложения.

Общий объем работы – 81 страница, из них 63 страницы – основное содержание, включая 16 рисунков и 4 таблицы, список использованных источников информации – 36 наименований.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Первый раздел** «Обзор процесса и методов визуальной идентификации лиц» посвящен рассмотрению общего процесса и методов визуальной идентификации лиц. Раздел включает в себя несколько подразделов.

Подраздел «Структура процесса идентификации лиц» описывает основные этапы выделения, идентификации и преобразования видеоинформации. Обозначены подходы идентификации личности:

- верификация,
- идентификация на закрытом множестве

Подраздел «Методы обнаружения лиц» содержит анализ основных методов обнаружения лиц:

- метод Виолы-Джонса,
- AdaBoost (Adaptive Boosting),
- SNoW (Sparse Network of Winnows),
- нейросетевые методы,
- support vector machine – метод опорных векторов.

Рассмотрены их особенности, преимущества и недостатки.

Подраздел «Методы распознавания лиц» описывает основные методы последующего распознавания лиц:

- метод гибкого сравнения на графах (Elastic graph matching),
- нейронные сети,
- скрытые Марковские модели (СММ, НММ),
- метод главных компонент или principal component analysis (PCA),
- Active Appearance Models (AAM),
- Active Shape Models (ASM).

Рассмотрены их слабые и сильные стороны.

**Второй раздел** «Алгоритм детектирования лиц в видеопотоке на основе метода Виолы-Джонса» посвящен детальному разбору принципов, на

которых базируется алгоритм Виолы-Джонса. Раздел включает в себя несколько подразделов.

Подраздел «Основные принципы» описывает принципы, на которых строится метод Виолы-Джонса, приводятся конкурентные преимущества данного метода обнаружения лиц.

Подраздел «Принцип сканирующего окна» представляет собой описание метода сканирующего окна и его достоинств.

Подраздел «Интегральное представление изображений» посвящен методике интегрального представления изображений.

Подраздел «Признаки Хаара» содержит представление признаков Хаара.

Подраздел «Модель машинного обучения» содержит дефиницию машинного обучения, описание понятий обучающей выборки, классификации объектов, классификатора.

Подраздел «Технология бустинга» вводит понятие бустинга, определение «сильной» и «слабой» аналитических моделей. Приведена схема алгоритма AdaBoost, его плюсы и минусы.

Подраздел «Каскадная модель классификаторов» включает в себя определение каскада детектирования, принципы продвижения по дереву решений, требования, выполнение которых необходимо для тренировки каскада.

Подраздел «Итоговое представление алгоритма» представляет собой диаграммную декомпозицию распознавания лиц из видеопотока по методу Виолы-Джонса.

**Третий раздел «Алгоритмы распознавания лиц в видеопотоке»** посвящен рассмотрению алгоритмов распознавания лиц, их сравнительному анализу. Раздел включает в себя несколько подразделов.

Подраздел «Алгоритм EigenFaces» включает в себя описание метода главных компонент (РСА — Principle Component Analysis), шаги алгоритма РСА в Eigenfaces, его недостатки, достоинства.

Подраздел «Алгоритм FisherFaces» содержит описание метода линейного дискриминантного анализа (LDA), на котором построен алгоритм FisherFaces, описание основных шагов алгоритма, преимущества над алгоритмом EigenFaces.

Подраздел «Алгоритм на основе LBPН-классификатора» описывает метод гистограмм локальных бинарных шаблонов (Local Binary Patterns Histogram – LBPН), применяемые им параметры (радиус, соседи, сетка X, сетка Y), последовательность выполняемых преобразований.

Подраздел «Сравнительный анализ алгоритмов распознавания» содержит сравнительный анализ реализаций распознавания лиц в видеопотоке. В рамках исследования были разработаны приложения для распознавания лиц на основе классификаторов: EigenFaces, FisherFaces, LBPН. Детектирование лиц на изображениях перед непосредственным их распознаванием выполнялось на основе каскадного классификатора Хаара из свободно распространяемой библиотеки компьютерного зрения OpenCV. Приведены данные экспериментальных исследований эффективности работы данных алгоритмов с учетом различных факторов (величина датасета при обучении, контрастность, размер изображения и т.п.).

**Четвертый раздел** «Программная реализация системы видеоидентификации клиентов» посвящен проектированию и реализации распределенной системы автоматизированного формирования предложения с визуальной идентификацией клиентов. Раздел включает в себя несколько подразделов.

Подраздел «Архитектура OpenCV и ее основные компоненты» включает в себя описание многоуровневой архитектуры библиотеки OpenCV и ее основных компонентов: core, imgproc, highgui (включает в себя imgcodecs, videoio и highgui), video, objdetect, face.

Подраздел «Применение OpenCV» содержит описание базовой схемы обнаружения и распознавания лиц в режиме реального времени средствами OpenCV. Приводятся основные принципы применяемых алгоритмов.

Подраздел «Использованные средства разработки». Приводится описание использованных средств разработки, порядок сборки необходимых дополнительных модулей OpenCV.

Подраздел «Структура распределенной системы идентификации клиентов» описывает основные элементы реализованной системы видеоидентификации и их функциональную связь друг с другом:

- видеонаблюдение,
- система идентификации,
- система хранения,
- бизнес-сервис.

Подраздел «Реализация контроллера приложения» содержит реализацию контроллера приложения.

Подраздел «Реализация детектирования лиц» описывает программную реализацию процедуры детектирования лиц.

Подраздел «Реализация распознавания лиц» посвящен программной реализации процесса распознавания лиц.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной выпускной квалификационной работы были решены все поставленные задачи — рассмотрен общий процесс и методы визуальной идентификации лиц, проанализированы алгоритмы обнаружения и распознавания лиц в видеопотоке, изучены основные компоненты и программные средства библиотеки компьютерного зрения OpenCV.

Также был проведен ряд экспериментов, направленных на выявление наиболее эффективного метода распознавания лиц. Были разработаны демо-версии приложения для распознавания лиц на основе классификаторов: EigenFaces, FisherFaces, LBPH.

По результатам исследования показано, что:

- обучение классификаторов на изображениях большего размера ведет к улучшению качества распознавания.
- Fisherface алгоритм эффективнее Eigenface, однако и первый и второй алгоритм чувствительны к внешним факторам, таким как различия освещенности, точка обзора камеры и геометрия сцены.
- Local Binary Patterns Histograms (LBPH) показывает в этом случае лучшие результаты, поскольку устойчив к изменениям в освещении. Так можно получить наиболее полную информацию из датасета в обучающей выборке. Именно он и был использован в финальной реализации системы видеоидентификации клиентов.

На основе проведенного анализа была спроектирована и реализована распределенная система автоматизированного формирования предложения с визуальной идентификацией клиентов.

### Основные источники информации:

1. *P. Viola, M. Jones.* Rapid object detection using a boosted cascade of simple features / 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Vol. 1. 8–14 December — 2001 / The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. — С. 511–518. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.cs.cmu.edu/courses/LBMV07/Papers/viola-cvpr-01.pdf> — Дата обращения: 19.11.2019.
2. *Дэвид Форсайт, Жан Понс.* Компьютерное зрение. Современный подход. — М: Издательство «Вильямс» — 2004 — 928 с.
3. *Земсков А. Н.* Алгоритмы распознавания лиц. — М: LAP Lambert Academic Publishing — 2011 — 128 с.
4. *V. Gupta, D. Sharma.* A Study of Various Face Detection Methods // International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering Vol. 3, May – 2014. — №5. — С. 6694–6697. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ijarcce.com/wp-content/.../IJARCCE7G-a-varsha-A-Study-of-Variou-Face.pdf> — Дата обращения: 14.11.2018.
5. Face Recognition with OpenCV [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://docs.opencv.org> — Дата обращения: 16.09.2019
6. Обработка и распознавание изображений в системах автоматизированного проектирования / Е. А. Дружинин, О. К. Погудина, И. Н. Бабак, А. В. Губарев. Харьков : ХАИ, 2011. 51 с.
7. *H. A. Rowley, S. Baluja, T. Kanade.* Neural Network-Based Face Detection // PAMI, January — 1998. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.69.7992&rep=rep1...pdf> — Дата обращения: 11.11.2018.
8. *Юрко И.В., Алдобаева В.Н.* Области применения и принципы работы систем распознавания и идентификации лиц по видеофиксации в реальном времени.: — МСНВ. – 2018. – № 2. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=18416> — Дата обращения: 16.10.2019.