

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.93

Журавский  
Роман Михайлович

Модели и методы распознавания и идентификации образов

**Автореферат**  
на соискание академической степени  
магистра технических наук

по специальности 1-40 80 05 – Математическое и программное  
обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Научный руководитель  
Серебряная Л.В.  
к.т.н., доцент

Минск 2019

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Распознавание изображений представляет собой один из важнейших компонентов систем управления и обработки информации, автоматизированных систем и систем принятия решений. Задачи, связанные с классификацией и идентификацией предметов, явлений и сигналов, характеризующихся конечным набором некоторых свойств и признаков, возникают в таких сферах как робототехника, информационный поиск, мониторинг и анализ визуальных данных, исследования искусственного интеллекта. Алгоритмическая обработка и классификация изображений применяются в системах безопасности, контроля и управления доступом, в системах видеонаблюдения, системах виртуальной реальности и информационных поисковых системах. В настоящий момент в производстве широко используются системы распознавания рукописного текста, автомобильных номеров, отпечатков пальцев или человеческих лиц, находящие применение в интерфейсах программных продуктов, системах безопасности и идентификации личности, а также в других прикладных целях.

Существующие потребности в создании подобных систем накладывают жесткие ограничения на скорость работы алгоритмов, которые должны работать в режиме близком к реальному времени. Однако даже наиболее быстрые из существующих подходов (Viola 2001, Lienhart 2002, Shneiderman 2004) позволяют обнаруживать лица в реальном времени лишь при вертикальном положении лица и непригодны для обнаружения лиц, повернутых в плоскости изображения под произвольным углом. Для успешного функционирования системы обнаружения лиц обеспечение высокой скорости работы должно также сочетаться с малым количеством ложных обнаружений. В существующих системах при увеличении процента обнаружений свыше 90% наблюдается экспоненциальный рост числа ложных обнаружений, что затрудняет использование этих систем в случаях, когда требуется процент обнаружения близкий к 100%.

Системы распознавания применяются сегодня везде: в Android такая система автоматически отмечает людей на фотографиях, смартфоны можно разблокировать только показав телефону своё лицо, в метро и на улицах стоят камеры, разыскивающие преступников в толпе. Сложно придумать область, где не пригодилась бы такая система.

Современные системы идентификации могут узнать личность человека по его лицу с высокой точностью. Однако, эти системы работают в режиме

реального времени и это накладывает ряд ограничений. Такие системы работают с видеопотоком как с независимой последовательностью кадров, что не позволяет системе проанализировать видеозапись с учётом контекста.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Цель и задачи исследования**

*Целью* диссертационной работы является разработка алгоритмов и программного обеспечения для решения задач распознавания и идентификации человека по лицу в режиме реального времени.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучение теоретических аспектов проблемы.
2. Провести анализ существующих методов локализации и распознавания лиц, а также подходов к построению алгоритмов улучшения изображений и систем распознавания лиц.
3. Создать экспериментальный программный комплекс по предварительной обработке изображений, локализации и распознаванию лиц (для статических изображений и видеопоследовательностей) и провести экспериментальные исследования.

*Объектом* исследования являются системы распознавания и идентификации лиц человека в видеопотоке.

*Предметом* исследования является система поиска и идентификации лиц в видеопотоке.

Основной *гипотезой*, положенной в основу диссертационной работы, является возможность использования компьютеров общего назначения под управлением ОС MacOS, Linux или Windows для решения задачи распознавания лиц человека в видеопотоке.

### **Личный вклад соискателя**

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя Л. В. Серебряной, заключается в формулировке целей и задач исследования.

### **Апробация результатов диссертации**

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, Беларусь, 2018); международной научно-практической конференции "European Scientific Conference" (Пенза, РФ, 2018); 55-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, Беларусь, 2019).

### **Опубликованность результатов диссертации**

По теме диссертации опубликовано 2 работы, в сборниках трудов и материалов конференций.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций автора и приложений. В первой главе представлен анализ предметной области, выявлены основные существующие проблемы в рамках тематики исследования, показаны направления их решения. Вторая глава посвящена формированию выборки и математической модели распознавания лиц. В третьей главе предложена реализация алгоритма распознавания лиц в видеопотоке. Предложена практическая реализация ПО для распознавания и идентификации лиц. В четвертой главе представлены результаты сравнения работы алгоритмов: eigenface, LBPН, fisherface на тестовых наборах данных лиц.

Общий объем работы составляет 71 страниц, из которых основного текста – 45 страниц, 37 рисунков на 20 страницах, список использованных источников из 40 наименований на 3 страницах и 1 приложение на 3х страницах.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ**

Во **введении** определена область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы диссертационной работы, дана краткая характеристика исследуемых вопросов, обозначена практическая ценность работы.

В **первой главе** проведен анализ современных моделей и методов распознавания и идентификации лиц. Сформулированы основные принципы построения систем. Рассмотрены основные подходы, применяемые при

локализации и распознавании лиц, приведена классификация известных методов, а также проанализированы характеристики систем распознавания лиц.

Методы распознавания лиц можно разделить на три широкие категории:

1. Методы распознавания на основе общего представления лица:

- Метод главных компонент (Principal Component Analysis, PCA);
- Линейный дискриминантный анализ (Linear Discriminant Analysis, LDA);
- Метод опорных векторов (Support Vector Machines, SVM);
- Нейронные сети (Neural Networks, NN).

2. Методы распознавания на основе локальных особенностей:

- Геометрические методы;
- Скрытые марковские модели (Hidden Markov Models, HMM).

3. Гибридные методы:

- Объединение методов на основе общего представления лица и методов на основе локальных особенностей.

Методы распознавания на основе общего представления лица, методы распознавания на основе локальных особенностей и гибридные методы.

Первая группа методов рассматривает глобальные свойства изображения лица, стараясь представить данные более эффективно, например как набор собственных векторов ковариационной матрицы.

Вторая группа методов использует свойства и геометрические отношения такие, как области, расстояния и углы между особыми точками изображения лица.

Третья группа методов является объединением методов первых двух групп. Большинство данных методов получили свое развитие в различных системах распознавания лиц, как коммерческих, так и свободно распространяемых.

Во **второй главе** диссертации представлены методы и алгоритмы нелинейного улучшения изображений на основе сжатия динамического диапазона изображений, локализации лиц на основе цветовой сегментации кожи в различных цветовых пространствах с последующим анализом областей и поиском антропометрических точек лица, распознавания лиц на основе метода главных компонент.

Сложность задачи состоит в том, что алгоритм распознавания должен обладать устойчивостью к изменению масштаба и повороту лица,

устойчивостью к изменению выражения лица и частичному перекрытию лица другим объектами сцены, а также низкой зависимостью от освещенности.

Метод локализации лиц в сложных условиях освещения можно разделить на следующие этапы:

Первый этап. Нелинейное улучшение изображения: - предварительная обработка изображения (устранение шумов);

- сжатие динамического диапазона (логарифмическое выравнивание освещения с повышением контрастности изображения);

Второй этап. Локализация лиц:

- цветовая сегментация кожи в цветовом пространстве RGB;

- морфологическая обработка полученных зон (операции расширения и сжатия);

- поиск связанных областей с последующим анализом полученных областей;

Третий этап. Локализация антропометрических точек лица:

- поиск антропометрических точек на основе классификационного правила в цветовом пространстве RGB;

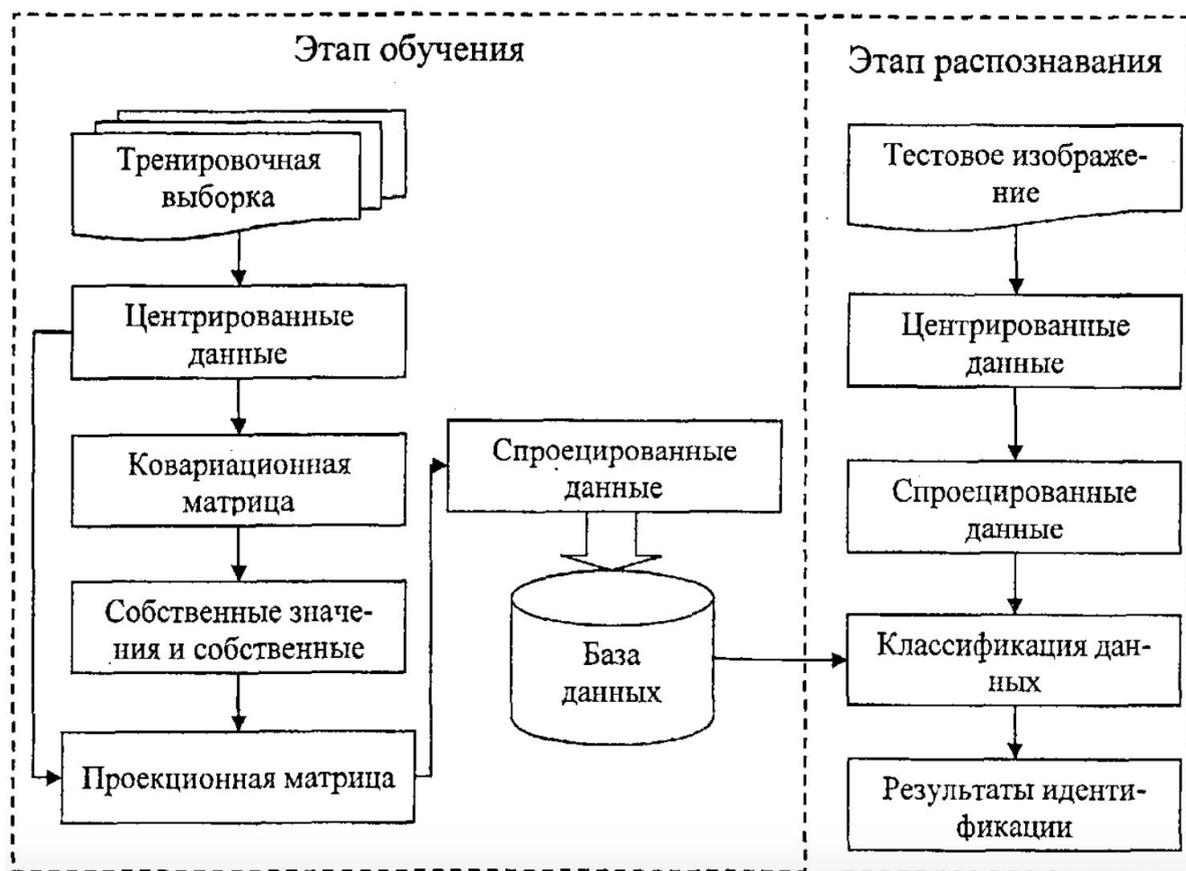
Четвертый этап. Распознавание лица:

- нормализация положения лица на основе данных о положении антропометрических точек;

- распознавание лица на основе метода главных компонент

Распознавание лиц осуществляется с помощью метода главных компонент (Principal Components Analysis, PCA) (рисунок 1), который позволяет уменьшить размерность данных с минимизацией потерь информации. Используем подпространство, созданное собственными векторами ковариационной матрицы исследуемых изображений. Собственные векторы, соответствующие ненулевым собственным значениям ковариационной матрицы, формируют ортогональный базис, который отображает изображения в TV-мерное пространство. Каждое изображение сохраняется в векторе  $X$  размерностью  $N$ .

Общая схема распознавание лиц на основе метода главных компонент представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1. Распознавание лиц на основе метода главных компонент**

В **третьей главе** описаны алгоритмы распознавания лиц на изображении.

В **четвертой главе** описан созданный программный модуль быстрого обнаружения лица человека, реализующий эффективный алгоритм eigenface.

Модуль имеет следующий интерфейс:

- Вход цветное изображение для обнаружения лиц;
- Выход массив наклонных прямоугольников, описанных вокруг обнаруженных лиц людей,  $Rect = \{x, y, width, height, angle\}$ , где  $x, y$  - координаты центра  $g$ -го прямоугольника,  $width$  - ширина,  $height$  - высота,  $angle$  - угол наклона прямоугольника к вертикальной оси изображения.

Модуль состоит из трех основных подсистем:

- подсистема предварительного определения положения и размеров лица;
- подсистема обнаружения лица;
- подсистема подтверждения обнаружения лица;

Представлены результаты сравнения работы алгоритмов: eigenface, LBPН, fisherface на тестовых наборах данных лиц.

# **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

## **Основные научные результаты диссертации**

1. Были изучены алгоритмы распознавания и сравнения лиц, относящихся к методу главных компонент, применительно к задаче распознавания лиц человека на фотографии и в видеопотоке. Проведены экспериментальные исследования алгоритмов распознавания, которые показали эффективность их применения для решения задачи распознавания лиц.

2. Разработано программное средство, позволяющее распознавать лица как на статической фотографии так и динамическом видеопотоке. Данное ПС также позволяет управлять базой данных объектов распознавания.

3. Проведен сравнительный анализ алгоритмов распознавания лиц на тестовой обучающей выборке с 1680 элементами, а также сравнительный анализ ошибки распознавания и скорости работы алгоритмов.

## **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для разработки программного обеспечения, позволяющего решать задачу распознавания и идентификации лиц, в реальном времени. Система получилась наглядной и имеет перспективы для дальнейшего развития, которые предполагают создание расширенный список алгоритмов, пользовательский интерфейс и работа программы с большим количеством фотографий.

2. Результаты работы могут использоваться при выборе метода распознавания для разработки компьютерных систем, решающих задачи распознавания лиц в видеопотоке.

3. Недостатком системы является достаточно сложный пользовательский интерфейс и недочеты по распознаванию лиц с большим углом наклона а также с недостаточной освещенностью.

4. Ресурсы необходимы программному средству для работы достаточно велики. Минимум 200 Мб и 40% ЦПУ.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1-А. Журавский, Р. М. Анализ существующих моделей и методов распознавания лиц / Р. М. Журавский // Компьютерные системы и сети: материалы 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 23 – 27 апреля 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2018. – С. 93 – 95.

2-А. Журавский, Р. М. Анализ существующих моделей и методов распознавания лиц / Р. М. Журавский // European Scientific Conference: сборник статей XII Международной научно-практической конференции В 2 ч. Ч. 1., Пенза, 7 ноября 2018 г. / Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2018. – С. 120 – 122.