

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

УДК 004.93

Голиков  
Александр Владимирович

Модели, методы и программное средство 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 2015

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Современные методы идентификации человека делятся на класс физических и класс поведенческих методов. Поведенческие методы оценивают действия индивидуума по подписи или тембру голоса, предоставляя пользователю некоторую степень контроля над его поступками. Физические методы идентификации, основанные на биометрических признаках человека, наиболее полно и часто реализуемы в современных интеллектуальных системах. К таким характеристикам, по которым производится идентификация человека, относятся отпечатки пальцев, форма ладони, узор радужной оболочки, изображение сетчатки глаза. Лицо, голос и запах каждого человека так же индивидуальны.

В настоящее время наблюдается непреходящий интерес к проблеме распознавания лиц. Под распознаванием будем понимать идентификацию изображения неизвестного лица с одной из известных личностей. То есть понятие “распознавание” может быть определено как отнесение исследуемого объекта (изображения лица), задаваемого в виде совокупности наблюдений, к одному из взаимоисключающих классов (персоны), или заключение о том, что этот объект не относится к известным классам.

Распознавание человека по изображению лица имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами идентификации человека:

1. Не требуется специальное или дорогостоящее оборудование;
2. Не нужен физический контакт с устройствами. не надо ни к чему прикасаться или специально останавливаться и ждать срабатывания системы; в большинстве случаев достаточно просто пройти мимо или задержаться перед камерой на небольшое время.

К недостаткам распознавания человека по изображению лица следует отнести:

1. Сама по себе такая система не обеспечивает 100%-ой надёжности идентификации. Там, где требуется высокая надёжность, применяют комбинирование нескольких биометрических методов;
2. Распознавание лица неэффективно тогда, когда значительные изменения, например, вследствие несчастного случая, делают невозможным даже человеческую визуализацию;
3. Кроме того, система может ошибаться из-за ряда других факторов: признаков старения, мимики, освещения и угла зрения. Доля ошибок будет также расти с увеличением объема базы изображений лиц.

На первый взгляд кажется, что распознавание лиц применимо лишь в следующих областях: охранные системы, криминалистика, компьютерная графика. На самом деле спектр применения этих алгоритмов может быть намного шире: взаимодействие компьютер-человек, виртуальная реальность, компьютерные игры, водительские права, паспорт, персонализация бытовых устройств, шифрование данных, электронная коммерция.

Все вышесказанное делает задачу распознавания лиц актуальной.

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## Цель и задачи исследования

*Целью* диссертационной работы является разработка моделей и методов распознавания и идентификации лиц; разработка программного средства, реализующее разработанные модели и методы; определение преимуществ и недостатков разработанных методов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить современные модели и методы распознавания и идентификации лиц.
2. Разработать собственные методы распознавания и идентификации лиц.
3. Разработать ПС на основе разработанных методов.
4. Провести экспериментальные исследования разработанного ПС с целью установления преимуществ и недостатков разработанных методов.

*Объектом* исследования обработанные изображения лиц, полученные с камер мобильных устройств, или веб-камер.

*Предметом* исследования являются модели и методы распознавания и идентификации лиц.

Основной *гипотезой*, положенной в основу диссертационной работы, является возможность повышения качества распознавания и идентификации лиц разработанным методом по сравнению с существующими методами. Разработанные методы, положенные в основу ПС, предлагают более эффективное распознавание и идентификацию лиц, на представленном наборе данных, чем некоторые существующие методы.

## Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики

Работа выполнялась в соответствии с научно-техническим заданием и планом работ кафедры «Программное обеспечение информационных технологий» по теме «Разработать модели, методы, алгоритмы для оценки параметров, повышения надежности и качества функционирования аппаратно-программных средств систем и сетей сложной конфигурации и внедрить в современные обучающие комплексы» (ГБ № 11-2004, № ГР 20111065, научный руководитель НИР – В. В. Бахтизин).

## 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**

Часть положений диссертационной работы докладывались и обсуждались на 11-й Международной молодёжной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2015» (Севастополь, Российская Федерация, 2015).

## **Опубликованность результатов диссертации**

По теме диссертации опубликована одна работа в сборниках трудов и материалов международных конференций.

## **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций автора и приложений. В первой главе представлен анализ предметной области, определены основные положения в области распознавания и идентификации лиц, дана классификация существующих на данный момент методов распознавания образов и лиц, рассмотрены некоторые методы идентификации лиц. Вторая глава посвящена разработке модели распознавания и идентификации лиц, исследованию предметной области и поиску существующих методов и алгоритмов в сфере распознавания лиц, обозначены их достоинства и недостатки. В третьей главе разработана модель и метод распознавания и идентификации лиц, разработан алгоритм распознавания и идентификации лиц, разработано программное средство, реализующее разработанный метод, проведено экспериментальное тестирование, выявлены слабые и сильные стороны разработанной модели.

Общий объем работы составляет 65 страниц, из которых основного текста – 56 страниц, 39 рисунков на 31 страницах, 4 таблицы на 4 страницах, список использованных источников из 21 наименований на 11 страницах и 1 приложение на 7 страницах.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ**

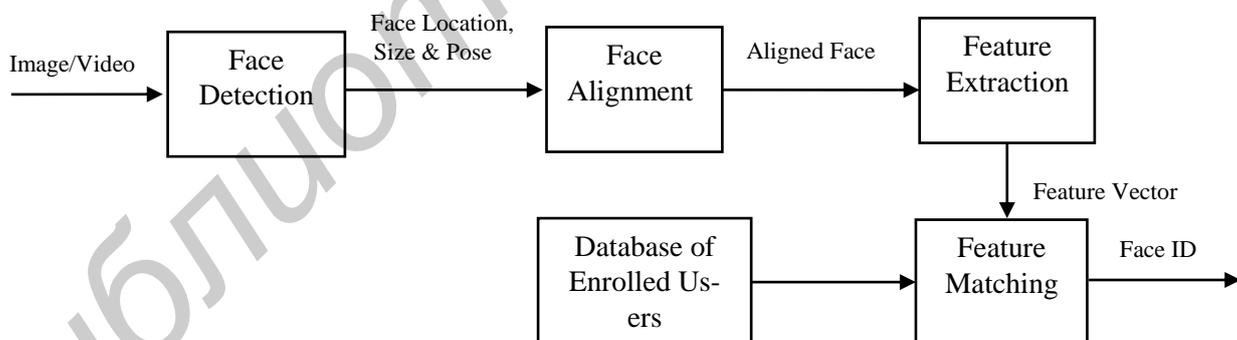
Во **введении** определена область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы диссертационной работы, дана краткая характеристика исследуемых вопросов, обозначена практическая ценность работы.

В **первой главе** проведен анализ области распознавания образов, дана классификация методов распознавания образов. Определены основные понятия области распознавания образов, рассмотрены общие элементы классификации. Приведены примеры задач распознавания: распознавание лиц, распознавание речи, распознавание символов, распознавание медицинского диагноза, прогноз погоды, классификация документов и др. Подробно рассмотрены группы мето-

дов распознавания образов: сравнение с образцом, статические методы, нейронные сети. В группу методов сравнения с образцом входит классификация по ближайшему среднему, классификация по расстоянию до ближайшего соседа, а также структурные методы распознавания. В группу статических методов входят методы, как видно из названия, использующие некоторую статистическую информацию при решении задачи распознавания. Метод определяет принадлежность объекта к конкретному классу на основе вероятности. В ряде случаев это сводится к определению апостериорной вероятности принадлежности объекта к определенному классу, при условии, что признаки этого объекта приняли соответствующие значения. Примером служит метод на основе байесовского решающего правила. Рассмотрен байесовский подход при принятии решений. Рассмотрен метод на основе нейронных сетей. Нейронная сеть – метод параметрической аппроксимации, заключающийся в приближении некоторой векторной функции  $f$  входного вектора  $x$  рядом уровней. Каждый уровень формирует вектор выходов, каждый из которых представляет собой результат действия некоторой нелинейной функции.

Выполнен анализ методов идентификации лиц: метод гибкого сравнения на графах, сверточные нейронные сети, скрытые Марковские модели, активные модели внешнего вида. Проведен обзор программных продуктов распознавания и идентификации лиц: Microsoft Research Face SDK, Neurotech VeriLock SDK, OpenCV и EmguCV.

**Вторая глава** посвящена разработке моделей и методов распознавания и идентификации лиц. Приведены общие принципы распознавания и идентификации лиц. Описан общий процесс обработки изображения при распознавании.



**Рисунок 1 – Общий процесс обработки изображения лица при распознавании**

Несмотря на большое разнообразие существующих методов по распознаванию и впоследствии идентификации лиц, можно выделить общую структуру процесса. На первом этапе производится распознавание (face detection) и локализация (face location) лица на изображении. На этапе распознавания производится выравнивание (alignment) изображения лица (геометрическое и яркостное), вычисление признаков (feature extraction) и непосредственно идентификация (feature matching) – сравнение вычисленных признаков с заложенными в ба-

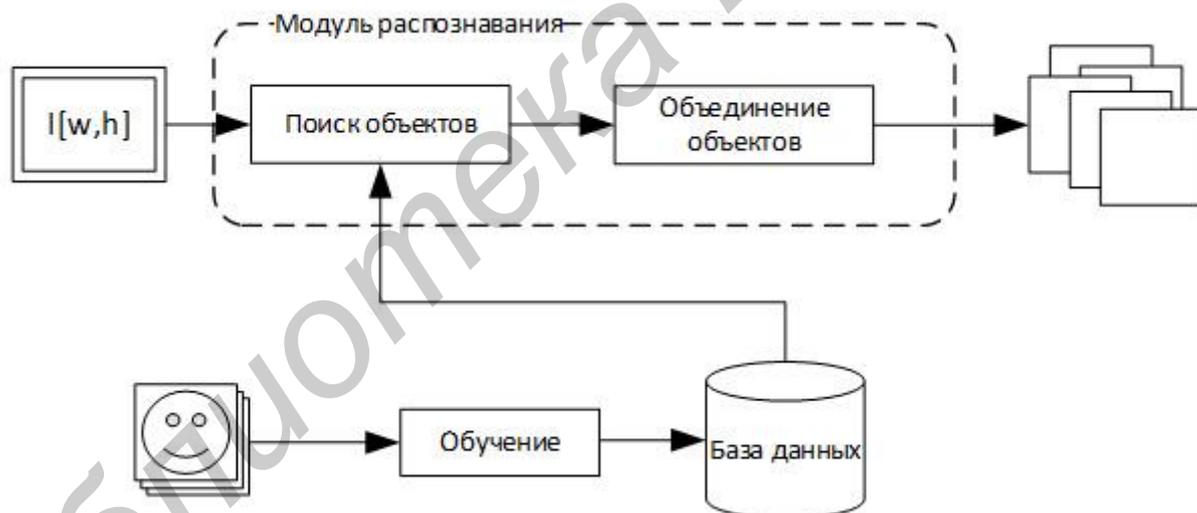
зу данных эталонами. Основным отличием всех представленных ниже алгоритмов будет вычисление признаков и сравнение их совокупностей между собой.

В разработанной модели в качестве метода распознавания лиц был выбран метод Виолы Джонса. Метод состоит из 2-х подалгоритмов: алгоритм обучения и алгоритм распознавания. На практике скорость работы алгоритма обучения не важна. Крайне важна скорость работы алгоритма распознавания. По введенной ранее классификации можно отнести к структурным, статистическим и нейронным методам.

Метод имеет следующие преимущества:

- возможно распознавание более одного лица на изображении;
- использование простых классификаторов показывает хорошую скорость и позволяет использовать этот метод в видеопотоке;

Однако метод сложно обучаем, так как для обучения требуется большое количество тестовых данных и предполагает большое время обучения, которое измеряется днями. Изначально алгоритм был предложен для распознавания только лиц, но его можно использовать для распознавания других объектов. Одним из вкладов Виолы и Джонса было применение таблицы сумм, которую они назвали интегральным изображением.



**Рисунок 2 – Обобщенная схема распознавания в алгоритме Виолы-Джонса**

В разработанной модели в качестве метода идентификации был выбран метод главных компонент. Метод главных компонент (Principal Component Analysis - PCA) применяется для сжатия информации без существенных потерь информативности. Он заключается в линейном ортогональном преобразовании входного вектора  $X$  размерности  $N$  в выходной вектор  $Y$  размерности  $M$ ,  $N$ . При этом компоненты вектора  $Y$  являются некоррелированными, и общая дисперсия после преобразования остаётся неизменной.

Основное преимущество метода главных компонент – это хранение и поиск изображений в больших базах данных, реконструкция изображений.

Основной недостаток – высокие требования к условиям съёмки изображений. Изображения должны быть получены в близких условиях освещённости,

одинаковом ракурсе и должна быть проведена качественная предварительная обработка, приводящая изображения к стандартным условиям (масштаб, поворот, центрирование, выравнивание яркости, отсечение фона).

Нежелательно наличие таких факторов, как очки, изменения в причёске, выражении лица и прочих внутриклассовых вариаций.

Разработана модели распознавания и идентификации лиц. Входные данные – изображения, полученные с камеры мобильного телефона или веб-камеры, поступают на вход модуля предобработки изображения. На этом этапе изображение преобразуется к черно-белому виду (grayscale). После этого изображение пропускается через один из 4 видов фильтров, цель которых – снизить количество шумовых данных в изображении, и отсеять данные, неиспользуемые в дальнейшем.

Возможные варианты фильтров:

- изменение резкости изображений;
- автоматическая установка уровней изображения;
- удаление пятен на изображениях;
- удаление шума «Квадрат» – удаляет отдельные пиксели шума;
- удаление шума «Х» – Сохраняет линии по диагонали;
- удаление шума «Плюс» – Сохраняет линии по горизонтали и вертикали.

На основе изображения, полученного ранее, происходит распознавания лица методом Виолы-Джонса. Далее, на основании полученных координат лица, происходит вырезка. После этого найденное изображение лица масштабируется до фиксированных размеров.

Далее по вырезке происходит вычисление матрицы, со значениями признаков лица, методом главных компонент.

В случае регистрации, вычисленные на предыдущем шаге значения, сохраняются в источнике данных. В случае идентификации происходит последовательное сравнение главных компонент лица с добавленными ранее компонентами. Сравнение заключается в вычислении Евклидова расстояния, между матрицами признаков. Принадлежность к образу устанавливается в случае, если значение расстояния меньше некоторой величины порога, устанавливаемой заранее.

В завершении главы разработана спецификация требований к ПС, реализующее представленный выше метод.

В **третьей главе** осуществлено проектирование ПС и проведены экспериментальные исследования. Были выбраны наиболее подходящие инструменты разработки, технологии и языки программирования. Разработана архитектура ПС. Разработанное ПС состоит из 5 модулей. модуль математических вычислений, модуль хранения данных, модуль логики приложения, модуль графического интерфейса, модуль работы с камерой.

Разработан алгоритм распознавания и идентификации лица. Исходными данными для алгоритма являются изображения лиц, полученные с камеры мобильного телефона или веб-камеры.

Приведено описание основных сценариев использования, разработанного ПС. Для проведения эксперимента были выбраны базы данных Yale face и ORL

- взятые из открытых источников, применяемые некоторыми университетами для исследований в области распознавания лиц.

Процесс регистрации субъектов в хранилище данных происходил на основе 5 произвольных изображений для каждого из субъектов. В процессе идентификации использовались все имеющиеся изображения лиц.

Для каждого типа фильтров проведен процесс распознавания и идентификации отдельно. Также отдельно проводилось тестирование баз данных. Кроме использования фильтров при предобработке, производилось тестирование исходных изображений без фильтрации.

Суть теста заключается в вычислении для каждого из фильтров суммарного расстояния между сравниваемыми образами. Чем меньше эта сумма, тем меньше величина ошибки при идентификации, и, следовательно, тем выше качество идентификации. В качестве эталона для сравнения используются результаты для исходных изображений т.е. без предварительной обработки фильтрами.

Анализ результатов эксперимента позволяет говорить об успешной работе предложенной модели. На исследуемых данных удалось повысить точность идентификации на 12%.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты диссертации**

В данной работе были проанализированы различные методы распознавания человека по изображению лица. Для реализации наиболее перспективных алгоритмов и их тестирования в качестве базового метода для решения поставленной задачи был выбран метод главных компонент с различными типами предобработки изображения. В результате работы:

1. Предложен метод распознавания лиц на основе метода Виолы Джонса.
2. Предложен метод идентификации лиц на основе метода главных компонент.
3. Предложена модель распознавания и идентификации с предобработкой на основе предложенных методов.
4. Предложен алгоритм распознавания и идентификации лиц.
5. Разработано ПС реализующее предложенный метод.
6. Проведено экспериментальное тестирование ПС, по результатам которого можно говорить о эффективности предложенного метода.

## Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для разработки методов распознавания и идентификации лиц. Методы могут быть использованы для усовершенствования и дальнейшего развития существующих ПС.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Голиков, А.В. Методы выделения границ изображения / А.В. Голиков, Л.В. Серебряная // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ-2015»: материалы 11-й междунар. молодежной науч.-техн. конф – Севастополь, 2015 – С.164.

Библиотека БГУИР