электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

 # 04, апрель 2016

УДК 004.932

Сравнительный анализ и классификация методов идентификации личности по отпечатку пальца

Селиверстова А.В., *бакалавр*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы обработки информации и управления»

Третьякова А.А., *бакалавр*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы обработки информации и управления»

Научный руководитель: Тоноян С.А., к.т.н., доцент,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы обработки информации и управления»
tonsa@bmstu.ru

В современном мире информация играет ключевую роль. Сегодня трудно представить себе жизнь без информационных технологий и автоматизации. Со стремительным ростом потока информации, все актуальнее становится вопрос о необходимости обеспечить её конфиденциальность, целостность и доступность (для авторизированных пользователей). Существует несколько средств защиты информации: пароли, электронные ключи и биометрия. На данный момент, наиболее оптимальным и безопасным решением является биометрия, которая позволяет решить проблему идентификации человека.

Существует множество различных способов идентификации личности с помощью биометрических характеристик, с разным уровнем защиты. Идентифицировать человека можно по таким физическим характеристикам, как ушная раковина, термография лица, отпечаток пальца и т.д. В таблице 1 представлены все основные методы биометрической идентификации человека и их показатели достоверности (В - высокий, С - средний, Н - низкий).

Таблица 1

Относительные показатели достоверности биометрической идентификации человека

Биометрическая идентификация	**Универсальность**	**Различимость**	**Неизменность**	**Измеримость**	**Продуктивность**	**Допустимость**	**Защищенность**
ДНК	**В**	**В**	**В**	**Н**	**В**	**Н**	**В**
Ушная раковина	**С**	**С**	**В**	**С**	**С**	**В**	**С**
Лицо	**В**	**Н**	**С**	**В**	**Н**	**В**	**Н**
Термограмма лица	**В**	**В**	**Н**	**В**	**С**	**В**	**В**
Отпечатки пальцев	**С**	**В**	**В**	**С**	**В**	**С**	**С**
Походка	**С**	**Н**	**Н**	**В**	**Н**	**В**	**С**
Геометрия ладони	**С**	**С**	**С**	**В**	**С**	**С**	**С**
Вены руки	**С**	**С**	**С**	**С**	**С**	**С**	**В**
Радужная оболочка глаза	**В**	**В**	**В**	**С**	**В**	**Н**	**В**
Набор на клавиатуре	**Н**	**Н**	**Н**	**С**	**Н**	**С**	**С**
Запах	**В**	**В**	**В**	**Н**	**Н**	**С**	**В**
Сетчатая оболочка глаза	**В**	**В**	**С**	**Н**	**В**	**Н**	**В**
Роспись	**Н**	**Н**	**Н**	**В**	**Н**	**В**	**Н**
Голос	**С**	**Н**	**Н**	**С**	**Н**	**В**	**Н**

Отпечаток пальца является оптимальной технологией биометрической идентификации, за счёт простоты в использовании, достоверности, без постороннего вмешательства в организм. Следовательно, актуальным является анализ методов идентификации личности по отпечатку пальца. В статье проводится сравнительный анализ методов, с помощью которых можно проверить действительно ли образ на фотографии отпечатка пальца принадлежит определенному человеку, чьи эталонные изображения папиллярного узора содержатся в базе.

Классификация отпечатка пальца

Идентификация позволяет получить ответ на вопрос «Кто этот человек?». Для ответа на него необходимо произвести сравнительный анализ текущего отпечатка пальца и всех имеющихся эталонных отпечатков в базе данных. Поскольку база, хранящая данные, может достигать достаточно больших размеров, а время сравнения поступившего образа для распознавания со всеми образами из базы увеличивается с ростом базы, все образы разбивают на классы. В дальнейшем, при распознавании поступившее изображение сначала относят к одному из классов, а потом внутри класса ищут уже такой же образ, сравнивая по определенным признакам. Признаки, на основании которых элемент относят к тому или иному классу, называют глобальными, а признаки, которые проверяются внутри класса, - локальными. В статье [1] Рыканов А.С. выделяет следующие локальные и глобальные признаки, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Признаки идентификации по отпечатку пальца

Глобальные признаки	Локальные признаки
• завиток (спираль); • завиток (концентрические круги); • простая дуга; • узкая дуга; • двойная петля; • дельта; • смешанный признак; • обычная петля.	• раздвоение (разветвление); • разрыв линии; • слипание линий; • порез.

В настоящее время выделяют три основных класса алгоритмов распознавания образа.

Корреляционное сравнение

Данный подход заключается в попиксельном сравнении двух изображений с осуществлением просчетов различий между ними, для различных сдвигов и углов поворота. На основании получившихся результатов выносят решения о совпадении. Главным преимуществом этого метода идентификации является низкое требование к качеству исходного изображения, а недостатком корреляционного метода сравнения является длительность процедуры сравнения и ограниченная область применения. По

причине длительной и трудоемкой работы рассматриваемого алгоритма, системы, построенные с его использованием, в настоящее время практически не используются.

Сравнение по узору

Метод сравнения по узору заключается в рассмотрение непосредственно самого папиллярного узора. После получения отпечатка пальца со сканера – изображение делится на множество областей, размер которых определяется, в зависимости от требуемой точности. В пределах каждой зоны бугорки образуют изогнутые дуги. Специальный модуль рассматривает линии в областях и поочередно описывает линии уравнением синусоидальной волны, с параметрами:

- начальный сдвиг фазы;
- длина волны;
- направление распространения.

Данные параметры хранятся в базе эталонов, для всех отрезков бугорков в каждой области и необходимы для идентификации отпечатка пальца. Они нужны для сравнения эталонов с образом, полученным со сканера. Достоинствами метода сравнения по узору является высокая скорость работы и низкие требования к качеству изображения. Данный алгоритм не получил широкого распространения, так как является слишком сложным для исполнения.

Сравнение по особым точкам

Под особыми точками понимают конечные точки и точки ветвления папиллярного узора. После получения изображения пальцев со сканера формируется шаблон с отображением особых точек. После чего он сравнивается с эталонными шаблонами из базы данных. На основании процентного совпадения произведенного сравнения выносится решение по идентичности отпечатков. Среди достоинств метода сравнения по особым точкам можно выделить простоту реализации и высокую скорость распознавания. Недостатком данного алгоритма является высокое требование к качеству исходного изображения отпечатка.

Достоинства и недостатки рассмотренных алгоритмов распознавания приведены в таблице 3.

Таблица 3

Сравнение классов алгоритмов распознавания образов

	Корреляционное сравнение	**Сравнения по узору**	**Сравнение по особы точкам**
Требования к изображению	Низкое	Низкое	Высокое
Время распознавания	Долго	Быстро	Быстро
Сложность реализации	Высокая (трудно реализуется)	Высокая(трудно реализуется)	Низкая(Просто реализуется)
Использование в современных системах	Редко	Редко	Часто

Алгоритм распознавания

Распознавание по особым точкам показывает наилучший результат и благодаря своим показателям эффективности чаще применяется. Рассмотрим данный метод идентификации более подробно.

Выделим и рассмотрим основные этапы данного метода распознавания, приведенного на рис. 1.

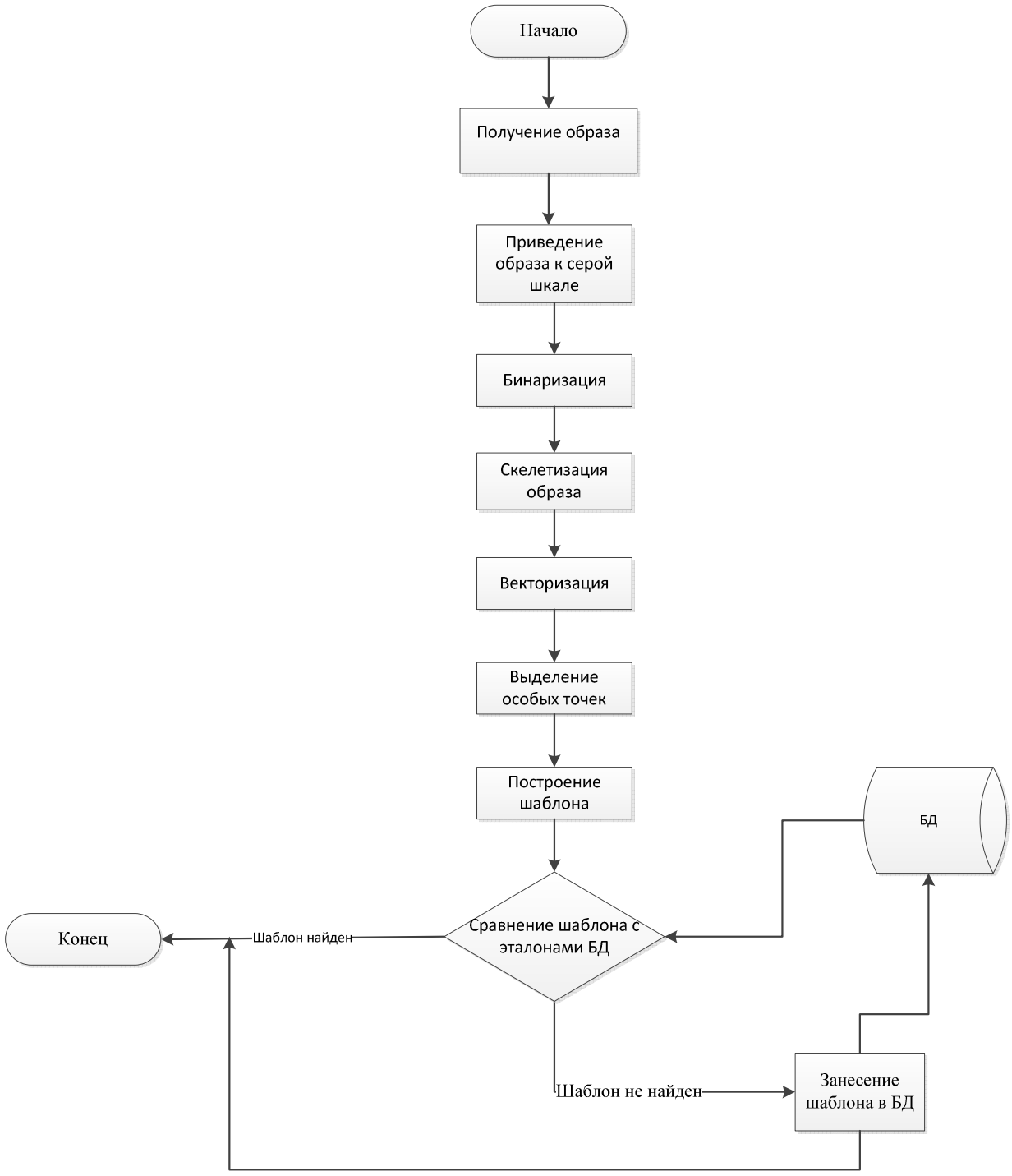


Рис. 1. Блок-схема основных этапов распознавания образа по особым точкам

Для распознавания используется изображение отпечатка пальца, как правило, полученного с помощью сканирующего устройства и приведенного впоследствии к серой шкале. Следующим этапом является бинаризация образа.

Бинаризация

Бинаризация – приведение изображения к черно-белому формату. Основным параметром данного приведения является пороговое значение интенсивности точки изображения.

Существует множество методов реализации бинаризации.

Все методы можно разделить на глобальные и локальные принципы обработки изображения в процессе бинаризации. Для глобальных методов характерно вычисление одного общего порогового значения интенсивности пикселя для всех остальных точек. Зачастую изображение имеет неоднородное освещение и степень яркости. Глобальный метод не позволяет учесть данный аспект. Это приводит к неточной бинаризации образа, что является существенным недостатком данного подхода. Локальный метод позволяет решить данный недостаток. Пороговое значение вычисляется не для всего изображения, а для каждой определенной области. В зависимости от количества областей меняется точность бинаризации. Однако такой алгоритм труднее в реализации и требует больших временных затрат.

Наиболее популярными и часто используемыми являются пороговая фильтрация и адаптивная фильтрация:

- Пороговая фильтрация относится к глобальным методам.

В данном случае устанавливается порог. Все пиксели со значениями интенсивностей выше данного порога считаются белыми, ниже - черными.

- Адаптивная фильтрация относится к локальным методам.

Данный способ фильтрации является оптимальным по соотношению времени и точности. Применение адаптивной фильтрации повышает точность и скорость выполнения следующих этапов.

Скелетизация

В процессе скелетизации приводим бинарное изображение к изображению с линиями шириной в один пиксель. В [2] выделяют следующие методы скелетизации, представленные в таблице 4.

Таблица 4

Методы скелетизации

Метод скелетизации	**Описание**	**Преимущества/недостатки**
Волновой метод	Начиная с какой-либо исходной точки изображения, волна движется по всему массиву черных пикселей. В процессе распространения, волна делится в узлах изображения и генерируются новые волны, движущиеся в различных направлениях. Тем самым, в процессе движения волны прослеживаются все кривые растрового текста.	Позволяет выделить не только растровый скелет, но и попутно сразу произвести векторизацию изображения.
Метод с использованием двумерной триангуляции	На изображении можно выделить контур, после аппроксимации его получаем входные данные для триангуляции -получаем набор соприкасающихся друг с другом треугольников, причем каждый из них должен соприкасаться с контуром либо ребром и всеми точками, либо тремя точками и ни одним ребром. Векторизованный набор линий -точки образованные	Позволяет выделить не только растровый скелет, но и попутно сразу произвести векторизацию изображения. Требует немалых временных затрат

	в результате деления внутренних ребер треугольников пополам. А узлами здесь будут точки – центры вписанных окружностей в треугольники, которые соприкасаются с контуром тремя точками и ни одним ребром.	
Путем уменьшения картинки по границе	Процесс скелетизации состоит в последовательном итеративном удалении граничных пикселей на всем изображении до тех пор, пока за текущую итерацию не будет удалено ни одного пикселя.	

Для скелетизации отпечатка пальца наиболее подходящим является метод уменьшения картинки по границе.

Векторизация

Векторизация изображения преобразует скелетизированный образ в набор особых точек, соединенных прямыми линиями. Таким образом, отбрасывается излишняя информация - точки, не являющиеся особыми. Параметры алгоритма задают точность аппроксимации.

Выделение минуций

В источнике [3] дается следующее определение минуциям "уникальные для каждого отпечатка признаки, определяющие пункты изменения структуры папиллярных линий (окончание, раздвоение, разрыв и т.д.), ориентацию папиллярных линий и координаты в этих пунктах".

На данном этапе имеется скелетизированное изображение отпечатка. Изображение разбивается на области. Для нахождения минуций выбирается центральная точка области и определяется число ненулевых пикселей, находящихся вокруг нее. Пиксель в центре считается минуцией. При наличии в области вокруг ненулевого пикселя – одного пикселя, считаем что имеем минуцию типа «окончание». При условии, что их три имеем минуцию типа «раздвоение». Реальные минуции определяются путем удаления из множества полученных минуций соседних и краевых точек изображения.После удаления остается множество реальных минуций, которое на следующем этапе будет использоваться для сравнения отпечатков пальцев.

Сравнение с шаблоном

Особые точки характеризуют отпечаток пальца, и для сравнения эталонного отпечатка с идентифицируемым необходимо сопоставить множество реальных минуций.

Сопоставление минуций реализуется в четыре этапа:

- нахождение центра
- перемещение
- поворот
- изменение масштаба.

Рассмотрим подробнее приведенные выше этапы.

- Центр определяется как средняя точка элементов множества реальных минуций.
- Совмещение точек идентифицируемого образа, наиболее близких к центральной достигается в процессе перемещения.
- Поворот используется для сопоставления шаблона с идентифицируемым образом, путём наложения центральных точек.
- В связи с тем, что на этапе подготовки изображения, рассматриваемое изображение приводится к единому эталонному размеру, этап изменения масштаба изображений не рассматривается.

Две минуции считаются совпавшим, если расстояние между этими точками меньше заранее заданной величины. Отпечатки считаются идентичными, если коэффициент совпадения составляет более 70%. Число совпавших минуций вычисляется после каждого поворота изображения и выбирается наилучший показатель.

Заключение

В статье показана актуальность идентификации личности с помощью биометрических характеристик, с разным уровнем защиты. Проведена классификация образов отпечатков пальца по локальным и глобальным признакам. Предложен алгоритм

распознавания образа по особым точкам. Произведен обзор основных этапов алгоритма распознавания по особым точкам. Рассмотрены методы реализации данных этапов.

Список литературы

[1]. Рыканов А.С. Анализ методов распознания отпечатков пальца // Системы обработки информации, 2010, выпуск 6(87), с. 164-171. Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/soi_2010_6_37.pdf (дата обращения 11.11.2015).

[2]. Уваров В. Исследование и разработка методов распознанвания образов отпечатков пальцев и рукописного текста с применением нейроетевых алгоритмов. Режим доступа: http://iu4.ru/dipl/2006/uvarov_v.pdf (дата обращения: 13.11.2015).

[3]. Фан Нгок Хоанг, Спицын В.Г. Алгоритмы для классифкации отпечатков пальцев на основе применения фильтра Габора, Вейвлет-преобразования и многослойной нейронной сети // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 320. № 5. С. 60 – 64.

[4]. Тоноян С.А., Балдин А.В., Елисеев Д.В. Разработка и реализация операторов для обработки архива кадровой информации в виде многомерных пространств средствами 1С // Вестник МГТУ им.Н.Э.Баумана. Сер. «Приборостроение». 2015. № 4(103). Режим доступа: http://vestnikprib.ru/catalog/icec/infth/896.html (дата обращения 14.11.2015).

[5]. Тоноян С.А., Сараев Д.В. Темпоральные модели базы данных и их свойства. Инженерный журнал: наука и инновации. 2014 .- № 12(36). Режим доступа: http://engjournal.ru/catalog/it/hidden/1333.html (дата обращения 14.11.2015).