

# Анализ дактилоскопических изображений на основе непрерывной скелетизации

Семенов Артём Григорьевич

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

Научный руководитель: Местецкий Леонид Моисеевич

mestlm@mail.ru

October 2025

## Аннотация

В работе проводится анализ дактилоскопических изображений на основе непрерывной скелетизации. При достаточно большом количестве экземпляров, с которыми можно сравнить искомый экземпляр, скорость может превосходить десятки минут, что может привести к затруднениям при необходимости быстро идентификации. Предлагается анализировать скелет от дактилоскопического изображения, в том числе его графовые особенности, с целью его идентификации. Среди существующих решений не распространены решения, опирающиеся на нахождении дельт дактилоскопического изображения, но это может привести к ускорению, например при кластеризации по расположению дельт. Планируется сравнить скорость и качество идентификации данного метода с результатами уже имеющихся методов.

## 1 Введение

Задачи, связанные с идентификацией дактилоскопического изображения, или отпечатка пальца, могут возникать в разных ситуациях: доступ к закрытым местам, установление личности, определение хозяина отпечатка. Данная задача является нетривиальной и её эффективное решение может быть полезно.

К обработке отпечатка существуют принципиально различные основные подходы. Часть алгоритмов рассматривают отпечаток как целостный образ, и сравнивают его с другими [3, 12], измеряя некоторым образом их близость. Очевидно, такой метод удобен для сравнения пары отпечатков, но при достаточной сложности алгоритмов его обобщение на сравнение исходного отпечатка с набором других может не являться оптимальным. Другим распространенным способом является выделение на отпечатке признаков, в частности минующий [13, 16, 17], и далее сравнение основывается на их сопоставлении признакам образцов. Кроме основных подходов, существуют

решения с помощью нейронных сетей [4, 5, 6].

Среди проблем имеющихся алгоритмов можно выделить неустойчивость и низкую скорость работы. При попытке идентифицировать отпечаток, взятый под углом или взятый нечетко из-за сканера или прикладывания, результат идентификации может отличаться от результата при корректном взятии. Большинство алгоритмов выдают приемлемую скорость обработки при небольших базах образцов, но при их увеличении могут возникнуть проблемы. Также, алгоритм может не заметить различий между отпечаками, посчитав их несущественными, и неверно отождествить их.

Предлагается рассмотреть папиллярный узор как граф, и далее анализировать его. Для получения графа строится скелет фигуры, соответствующей изображению папиллярных линий. Они являются достаточно тонкими, и построение скелета сохранит важную для идентификации информацию. Интерес для анализа представляют семейства линий, близких друг другу, и позволяющих выделить на отпечатке полезные признаки.

## 2 Обзор литературы

Рассматриваемая мной литература включает в себя практические работы, в которых либо ставилась задача, связанная с качественной идентификацией дактилоскопического изображения, и приводился алгоритм её решения, либо без упоминаний конкретных показателей качества итоговой работы приводился алгоритм или метод решения задачи. В статье [1] описан алгоритм, который по каждому отпечатку создает вектор из координат особых точек, и решение о схожести отпечатков принимается на основании близости векторов. В [3] представлен и обоснован алгоритм, который выдает по образцу и шаблону вектор из значений, на основании вычисляется мера близости. Возможность применения нейронных сетей в задаче биометрической идентификации упоминается в [6]. В [4] представлена архитектура нейросети, определяющая классификационный тип узора, и отслеживающая точность классификации. В [5] представлен подход, совмещающий обработку изображения классическими методами с применением нейронной сети. В данных алгоритмах порядок количества образцов в базе данных не превышает тысяч. В [20] описан алгоритм идентификации, содержащий скелетизацию и применение нейронной сети. В [19] описан алгоритм, основанный на выделении базовых признаков отпечатка. В [18] по изображению создается набор дескрипторов, содержащих информацию об окрестности особых точек, при сравнении изображений дескрипторы попарно сопоставляются. В [2] представлен метод фильтрации потенциальных особых точек с помощью триангуляции Делоне. В [17] представлен алгоритм, который в качестве меры близости отпечатков предлагает долю одинаковых минюций, выделенных на двух отпечатках. В [16] описаны два алгоритма сравнения отпечатков пальцев, первый основан на минюциях, второй на схожести поверхности.

Другая часть литературы связана с теоретическими аспектами этой обла-

сти и с техническими деталями, касаемыми получения дактилоскопического изображения, в то время как в решаемой мной задаче все изображения даны. Так, биологическая составляющая формирования отпечатка пальца рассматривается в статье [13], технические особенности снятия и хранения отпечатка рассматриваются в статье [12], геометрия папиллярного узора рассматривается в [11], в [10] описываются технические особенности получения отпечатка с поверхностей, в [15] рассматриваются различные технологии сканирования отпечатка, в [14] обсуждается вопрос определение пригодности отпечатка для идентификации. Типы папиллярных узоров описаны в статье [9], статистические данные по распределению отпечатков описаны в статьях [7, 8].

### 3 Постановка задачи

Рассматривается задача биометрической идентификации по дактилоскопическому изображению: определение принадлежности данного изображения отпечатка пальца к одному из изображений в базе данных. Данные представляют из себя изображения: матрицы размером  $n \times m$ , принимающие целые неотрицательные значения от 0 до 255 включительно. Есть массив из  $k_1$  образцов, и  $k_2$  идентифицируемых изображений. Интересующее отображение:  $f : \mathbb{R}^{n \times m} \rightarrow \mathbb{N}$ , по изображению получаем число, соответствующее номеру искомого образца.

"Пока не известно, какая оптимизационная задача будет решаться, и как будет оцениваться качество. "

### Список литературы

- [1] [Разработка алгоритма идентификации личности по изображению отпечатка пальца](#)
- [2] [Математические методы и алгоритмы обработки биометрической информации в системах идентификации личности по отпечаткам пальцев с учетом особенности их применения во вьетнаме](#)
- [3] [Алгоритм сравнения отпечатков пальцев на основе поиска максимального пути в графе](#)
- [4] [Определение классификационного типа папиллярного узора на основе нейросетевого подхода](#)
- [5] [Алгоритм для классификации отпечатков пальцев на основе применения фильтра Габора, вейвлет-преобразования и многослойной нейронной сети](#)
- [6] [Методы биометрической идентификации на основе применения нейросетевых технологий](#)

- [7] Распределение основных типов папиллярных узоров на дистальных фалангах пальцев рук человека
- [8] Распределение папиллярных узоров на пальцах рук мужчик и женщин
- [9] Дактилоскопия: исторические аспекты и роль в решении идентификационных задач на современном этапе её развития
- [10] Анализ различных материалов в классической дактилоскопии человека
- [11] К вопросу о модернизации дактилоскопического учета в современных условиях развития криминалистики на примере построения 3D-дактилоскопической карты
- [12] Идентификация по отпечатку пальца, папиллярный узор как целостный образ
- [13] Дактилоскопия и её особенности
- [14] Решение диагностической задачи по признанию следа пальца руки пригодным для идентификации личности в зависимости от его качества
- [15] Методы идентификации по отпечаткам пальцев
- [16] Алгоритмы распознавания отпечатков пальцев
- [17] Алгоритм сравнения отпечатков пальцев: комбинация классических алгоритмов
- [18] Методы распознавания отпечатков пальцев для аутентификации пользователя
- [19] Теоретические основы функционирования алгоритма кодирования частных признаков папиллярных узоров пальцев рук
- [20] Метод биометрической аутентификации пользователя по отпечаткам пальцев