

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫРАВНИВАНИЯ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАФА

Моисеева Татьяна Александровна,

Магистр ВГУ, г. Воронеж, РФ

Моисеев Станислав Александрович

Кандидат технических наук, г. Воронеж, РФ

Аннотация.

В данной статье представлен алгоритм выравнивания отпечатков пальцев с применением преобразования Хафа для уменьшения погрешности вычисления метрики сходства при биометрической идентификации.

Ключевые слова: информационные технологии, биометрическая идентификация, преобразование Хафа

Процесс идентификации личности человека по отпечаткам пальцев состоит из нескольких этапов (рис. 1).

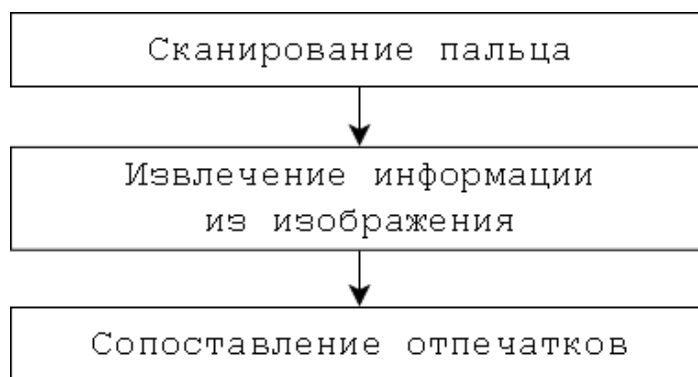


Рис 1. Этапы идентификации личности по отпечаткам пальцев

В данной статье рассматривается третий этап идентификации личности по отпечаткам пальцев. При разработке алгоритма была выбрана модель представления отпечатков пальцев, основанная на выявлении особых контрольных точек — минуций, которые являются уникальными для отдельного отпечатка пальца. В данных контрольных точках изменяется структура папиллярных линий. При этом на основе общепринятых практик принято выделять два типа контрольных точек (рис. 2).

1. Точка разрыва — точка окончания гребня.
2. Точка бифуркации гребня.

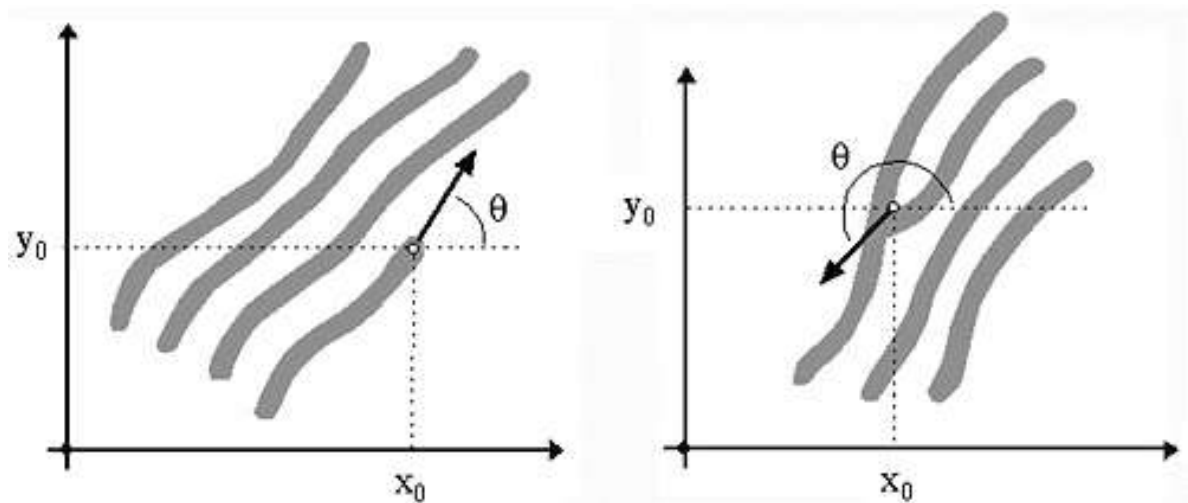


Рис. 2. Точка разрыва и точка бифуркации гребня

Согласно стандарту [1, с. 3], контрольная точка однозначно определяется координатами и углом θ . Представление отпечатка пальца в виде контрольных точек может быть сведено к множеству элементов вида $\{x_0, y_0, \theta\}$, где (x_0, y_0) — координаты точки в системе координат, представленной на рис. 3, а угол θ характеризует ориентацию контрольной точки. Угол θ определяется как угол между касательной к окончанию гребня и осью X (рис. 2). Данные о типе контрольной точки не используются в рассматриваемом алгоритме и не являются обязательными для соответствия стандарту, что обусловлено объективными сложностями получения подобного рода информации.



Рис. 3. Используемая система координат

Отпечатки одного и того же пальца могут различаться по разным причинам: вследствие сдвигов и поворотов пальца при сканировании, а также несовершенства программного обеспечения сканеров. Появляется необходимость минимизировать ошибку, возникающую из-за возможных нежелательных преобразований.

Существует два подхода к решению этой проблемы.

1. Локальное сопоставление. В данном подходе применяется инвариантное относительно сдвига и поворота кодирование окрестностей контрольных точек

и других особенностей отпечатка пальца, что позволяет в дальнейшем производить анализ без учета возможных трансформаций отпечатков пальцев относительно друг друга. В качестве примера можно привести алгоритм [2, с. 2128].

2. Глобальное сопоставление. В данном случае производится предварительное выравнивание целых образов отпечатков пальцев относительно друг друга с целью дальнейшей обработки неискаженных изображений.

При реализации сопоставления отпечатков пальцев имеются и трудности вычислительного и прикладного характера. Без применения оптимизаций хранения и поиска информации на этапе сопоставления отпечатков пальцев для осуществления идентификации необходимо выполнить сопоставление образца со всем множеством отпечатков пальцев, внесенных в базу данных. В зависимости от назначения системы биометрической идентификации, объем базы сохраненных отпечатков может превышать несколько миллионов. Для достижения масштабируемости и эффективности поиска было решено использовать алгоритм поиска на основе ВК-дерева, который, в зависимости от подобранных параметров, позволяет уменьшить вычислительную сложность поиска.

Для сопоставления отпечатков пальцев на основе контрольных точек было выбрано обобщенное преобразование Хафа [4, с. 111], с помощью которого можно найти параметры поворота и смещения изображения, в частности — отпечатка пальца и, далее, адекватно оценить вероятность принадлежности отпечатка пальца одному и тому же человеку.

Алгоритм представлен на рис. 4.

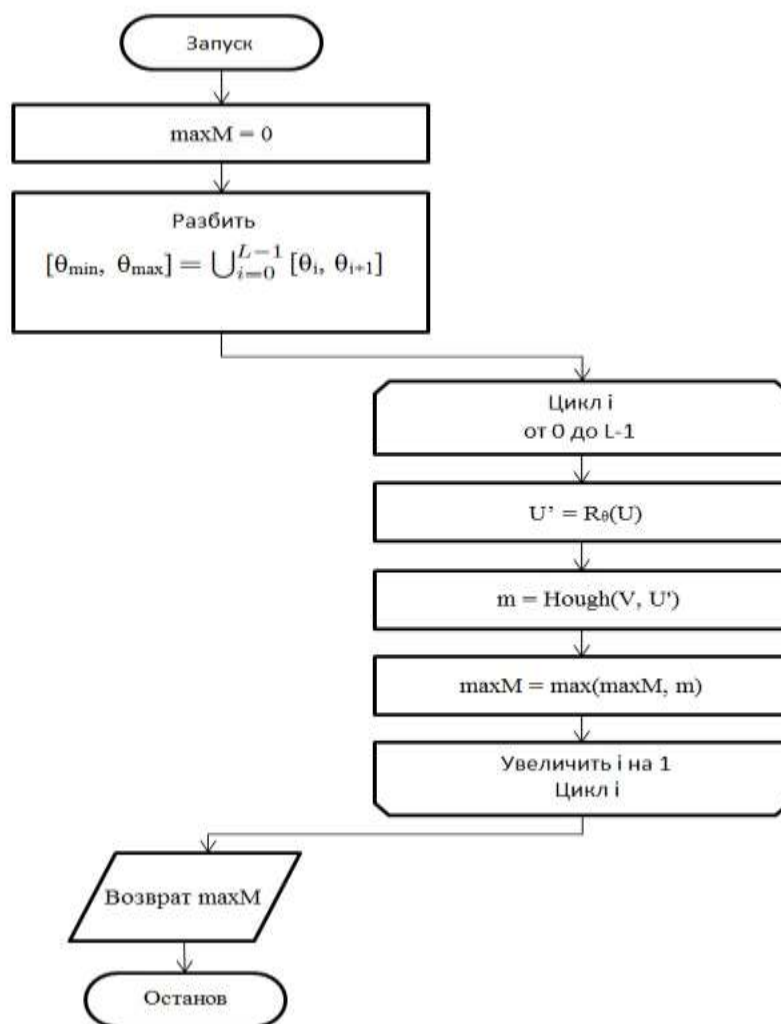


Рис. 4. Алгоритм поиска максимального количества совпавших контрольных точек

Входные данные:

- множество U контрольных точек, извлеченное из отпечатка, находящегося в базе данных;
- множество V контрольных точек, извлеченное из отпечатка, поступившего для распознавания.

Выходные данные:

- x, y, θ — параметры сдвига по осям X, Y и угла поворота соответственно, позволяющие получить максимальное количество совпадений контрольных точек отпечатков U и V ;
- $\max M$ — максимальное количество совпавших контрольных точек в двух отпечатках.

Параметры алгоритма:

- $\theta_{\min}, \theta_{\max}$ — минимальный и максимальный углы поворота между U и V ;

- x_{\min} , x_{\max} — минимальный и максимальный сдвиги изображений относительно друг друга по оси X;
- y_{\min} , y_{\max} — минимальный и максимальный сдвиги изображений относительно друг друга по оси Y;
- Δx , Δy , $\Delta \theta$ — допустимые погрешности работы алгоритма для определения сдвига по оси X, оси Y и поворота соответственно;
- ρ_x , ρ_y — шаг квантования пространства Хафа. Как правило, шаг квантования выбирается равным половине допустимой погрешности сдвига по соответствующей оси.

Алгоритм работы:

1. Угол поворота $[\theta_i, \theta_{i+1}]$, в пределах которого осуществляется сопоставление отпечатков, разбивается на несколько отрезков длиной Δw . Для каждого полученного отрезка производятся следующие шаги:

a. Поворот отпечатка U на заданный в данной итерации угол:

b. $U' = R_{\theta}(U)$.

c. Построение пространства Хафа для отпечатков V и U'.

d. Поиск максимального количества сопоставленных контрольных точек m в пространстве Хафа.

e. $\max M = \max(\max M, m)$.

2. В результате выполнения всех итераций будет получено:

- максимальное количество совпавших контрольных точек $\max M$;
- параметры поворота,
- параметры сдвига,

применение которых к исходному изображению позволяет получить данное количество совпавших контрольных точек $\max M$.

Проанализируем результаты работы алгоритма на тестовых данных, которые представлены в таблице 1. Всего было использовано 200 различных изображений отпечатков пальцев, к каждому из которых были применены операции поворота и сдвига. Далее производилась трансформация Хафа над исходным и полученным отпечатками пальцев и их сравнение.

Таблица 1.

Результаты тестирования алгоритма выравнивания

Среднее время работы алгоритма	89.7533 ms
Процент потери контрольных точек	0.07366 %

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что потеря данных при использовании преобразования Хафа для выравнивания отпечатков пальцев является допустимой. При этом возможна дальнейшая модернизация данного алгоритма для достижения цели уменьшения процента потери информации о контрольных точках в результате недостоверного сопоставления. Детализированные данные, получаемые на выходе алгоритма, могут быть

использованы на следующем шаге сопоставления отпечатков пальцев, целью которого и является решение о принадлежности двух отпечатков пальцев одному и тому же лицу.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-2-2013 Информационные технологии. Биометрия. Форматы обмена биометрическими данными. Часть 2. Данные изображения отпечатка пальца – контрольные точки. – Москва : Стандартиформ, 2015. – 94 с.

2. Cappelli R. Minutia Cylinder-Code: A New Representation and Matching Technique for Fingerprint Recognition / R. Cappelli, M. Ferrara, D. Maltoni // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2010. – Vol. 32. – № 12. – P. 2128 – 2141.

3. Ballard D. H. Generalizing the Hough transform to detect arbitrary patterns / D. H. Ballard // Pattern Recognition. – 1981. – Vol 13. – № 2. – P. 111 – 122.