

УДК 004.056.52

**АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ ЧИСЛОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ
УНИКАЛЬНЫХ ТОЧЕК ПАПИЛЛЯРНОГО УЗОРА ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ**

Первышин Егор Романович, Салита Даниил Сергеевич

Алтайский государственный университет, г. Барнаул
e-mail: pervyishin-egor@yandex.ru

**ALGORITHM FOR GENERATION OF NUMERICAL SEQUENCE ON THE BASIS OF
UNIQUE POINTS OF PAPILLARY PATTERN OF FINGERPRINTS**

Pervyshin Egor R., Salita Daniil S.

Altai State University, Barnaul

Аннотация. Уникальность папиллярного узора отпечатка пальца позволяет использовать его не только в дактилоскопии, но также генерировать числовые последовательности для идентификации пользователей. Корректность обнаружение особых точек на рисунке папиллярного узора во многом зависит от предварительной обработки исходного изображения. В данной работе предложен алгоритм генерации числовой последовательности, на основе уникальных точек отпечатка пальца. Предварительная обработка, заключалась в фильтрации, бинаризации, скелетизации изображения папиллярного узора отпечатка пальца с последующим его выравниванием относительно вертикальной оси. Числовая последовательность строилась на основе уникальных точек, расположенных вблизи найденной центральной точки папиллярного узора.

Ключевые слова: отпечаток пальца, папиллярный узор, уникальный числовой идентификатор, особые точки отпечатка пальца.

Abstract. The uniqueness of the papillary pattern of a fingerprint allows to use it not only in fingerprinting, but also to generate numerical sequences for user identification. The correctness of detecting special points in the papillary pattern depends largely on the preprocessing of the original image. In this paper, we propose an algorithm for generation of numerical sequence based on unique points of fingerprint. Pre-processing consisted in filtering, binarization, skeletonization of the fingerprint papillary pattern image with its subsequent alignment with respect to the vertical axis. The numerical sequence was constructed based on unique points located near the found center point of the papillary pattern.

Keywords: fingerprint, papillary pattern, unique numerical identifier, special points of the fingerprint.

Для цитирования: Первышин Е.Р., Салита Д.С. Алгоритм генерации числовой последовательности на основе уникальных точек папиллярного узора отпечатков пальцев // Проблемы правовой и технической защиты информации. 2023. №11. С. 40-45.

For citation: Pervyshin E.R., Salita D.S. Algorithm for generation of numerical sequence on the basis of unique points of papillary pattern of fingerprints // Legal and Technical Problems Information Protection. 2023. No. 11. P. 40-45.

Дактилоскопия использует папиллярный узор на пальцах человека для определения его личности. Несмотря на различие папиллярных узоров, они довольно успешно подвергаются классификации, которая позволяет сделать каждый узор уникальным и идентифицировать его.

На сегодняшний день существуют различные методы обработки и алгоритмы идентификации отпечатков пальцев. В работе [1] авторами предложен алгоритм идентификации отпечатков пальцев. На первом этапе производится предварительная обработка изображения, далее следует поиск центральной точки отпечатка пальца, он находится по принципу: прямая, проведенная через центр отпечатка, пересекает максимальное число линий папиллярного узора. Следующий шаг – это генерация ID отпечатка пальца, он

генерируется на основе помехоустойчивого кода Рида – Соломона. Авторы работы [2] показали эффективность применения фильтра Габора для обработки изображений отпечатков пальцев. В работе [3] автор сравнил существующие методы сравнения отпечатков пальцев, а именно: корреляционное сравнение, сравнение по особым точкам, сравнение по узору. Также автор рассказал обо всех преимуществах и недостатках данных методов.

В данной работе предлагается метод генерации числовой последовательности, основанный на уникальных точках папиллярного узора отпечатков пальцев. Особенностью данного метода является правильная ориентация папиллярного узора в пространстве и шаблонное нахождение центральных точек ядра и дельты.

На рисунке 1 представлена схема разработанного алгоритма.



Рисунок 1. Схема разработанного алгоритма

Блок 1, в который входят: фильтрация, бинаризация и скелетизация – это предварительная обработка изображения [4]. Следующим шагом выполняется поиск уникальных точек отпечатка пальца, что является 2 блоком. Далее в алгоритме выполняется 3 блок, в который входят: выравнивание отпечатка пальца и нахождение центральной точки отпечатка пальца – ядра или дельты. Финальным 4

блоком алгоритма является генерация уникального числового идентификатора.

Первым шагом происходит фильтрация изображения. В качестве фильтра был выбран фильтр Габора [5], так как он являлся универсальным к набору данных, другие фильтры ухудшали изображение, и дальнейшая работа с ними была невозможной. Результат представлен на рисунке 2.

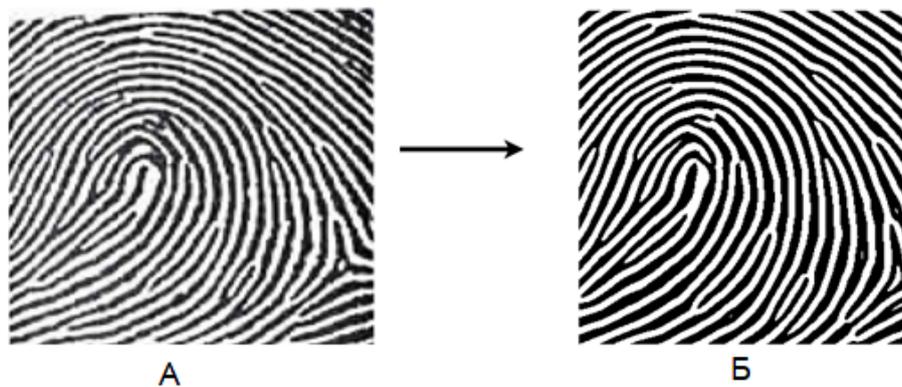


Рисунок 2. Результат фильтра

Изображение А – это исходное изображение, Б – это изображение – после обработки фильтром Габора.

Следующими этапами алгоритма являются бинаризация и скелетизация [6, 7],

данные шаги просты и при этом являются довольно важными, так как без них алгоритм нахождения уникальных точек не сможет корректно выполнить свою работу. Результат представлен ниже на рисунке 3.

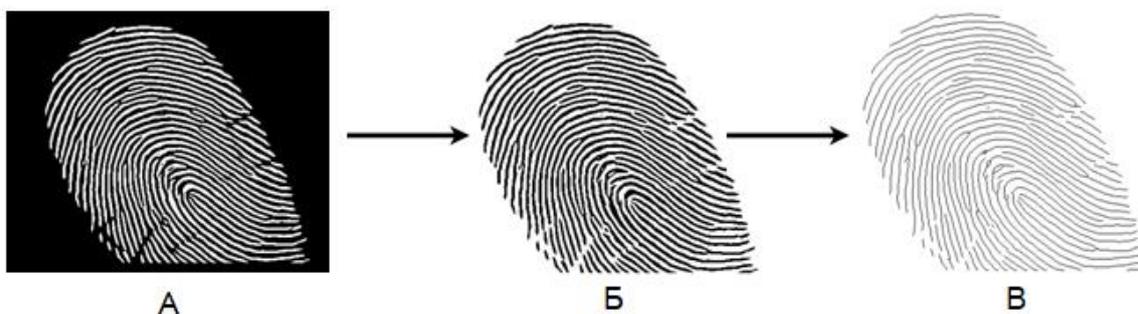


Рисунок 3. Бинаризация и скелетизация изображения

Изображение А – это изображение после фильтра Габора, Б – это изображение после бинаризации, В – это изображение после скелетизации.

Четвертым этапом алгоритма является нахождение уникальных точек отпечатка пальца [8]. Уникальными точками отпечатков пальцев являются окончания папиллярных линии (выделены красным цветом) и места бифуркаций (выделены зеленым цветом). Для нахождения уникальных точек используется метод пересечения чисел. Данный алгоритм рассматривает блоки размером 3 на 3 пикселя. Если средний пиксель черный (представляет ребро), то:

– В случае пересечения пикселя на границе с гребнем один раз, обнаруживается окончание гребня.

– В случае пересечения пикселя на границе трижды с гребнем, то обнаруживается бифуркация гребня.

Результат данного алгоритма представлен ниже на рисунке 4.

Следующий этап алгоритма – это правильная ориентация папиллярного узора, она нужна для того, чтобы алгоритм нахождения центральной точки отпечатка пальца обладал меньшей погрешностью. Схема представлена ниже на рисунке 5 (А).

Первым шагом происходит поиск двух наиболее отдаленных друг от друга точек. Они обозначены на рисунке 5 (А) точками А и В.

Следующим шагом происходит разница координат по оси у верхней точки А и нижней В, далее происходит разница координат по оси х верхней точки А и нижней В. Все это нужно для того, чтобы построить прямоугольный треугольник, где

расстояние между точками А и В является в нем гипотенузой (обозначена – 3), а найденные стороны будут его катетами. После этих действий происходит деление противоположного катета (обозначен – 1) к прилежащему катету (обозначен – 2). Это нужно для того, чтобы найти тангенс угла и вычислить его арктангенс.

Далее происходит расчет: от нормали (90 градусов) вычитается найденный угол и происходит поворот рисунка на найденный угол. Результатом алгоритма будет то, что верхняя красная точка будет находиться перпендикулярно нижней. Данный результат представлен ниже на рисунке 5 (Б).

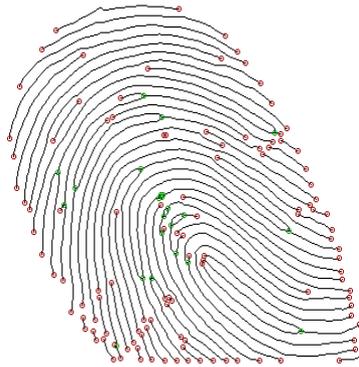


Рисунок 4. Найденные уникальные точки отпечатка пальца

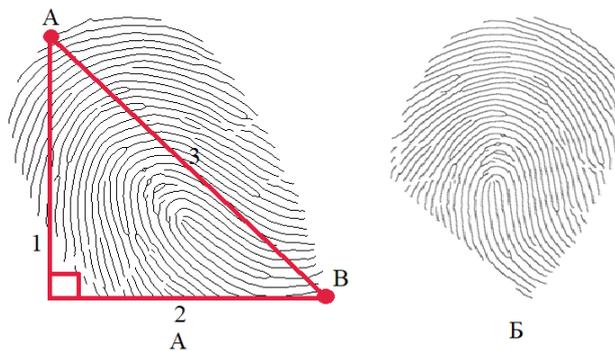


Рисунок 5. Правильная ориентация отпечатка пальца

Следующий шаг – это нахождение центральных точек. Для определения центральной точки (ядра и дельты) папиллярного узора отпечатка пальца в данной исследовательской работе был

применен метод индекса Пуанкаре [9]. В случае обнаружения ядра и дельты вместе, в качестве главной точки будет выбрано ядро. Шаблоны данного метода представлены ниже на рисунке 6.

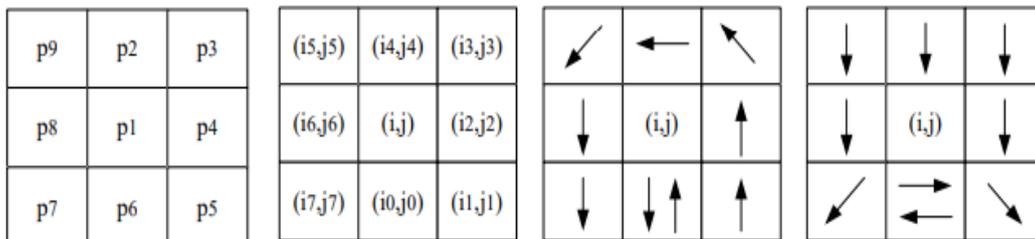


Рисунок 6. Направление линий около ядра и дельты соответственно

Индекс Пуанкаре принимает значение $-0,5$, 0 , $0,5$. В точке ядра индекс равен $0,5$, в точке дельты равен $-0,5$. Результат алгоритма представлен на рисунке 7.

Следующий этап алгоритма – генерация уникальной числовой последовательности. От центральной точки строится окружность с радиусом в четверть ширины отпечатка пальца (данный радиус был выбран для того, чтобы крайние точки отпечатка пальца не учитывались, ведь информативными точками являются точки, которые лежат около центральной точки).

Далее окружность делится на 4 сектора. После этого алгоритм смотрит на количество уникальных точек (зеленый и красный цвет), попавших в сектора, и начинает считать ID по принципу: вес зеленых равен 10, вес красных равен 5. Данный результат и является уникальным числовым идентификатором отпечатка пальца. По примеру рисунка 8, приведенного ниже, можно рассчитать его уникальный числовой идентификатор. Он будет равен 20902030.



Рисунок 7. Результат нахождения центральной точки



Рисунок 8. Результат работы алгоритма

Для проверки повторяемости результатов работы алгоритма, была проведена проверка на образцах при разных углах наклона. Для этого образцы поворачивались на угол от 5 до 90 градусов,

и алгоритм запускался повторно. Усредненные результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результат алгоритма

Угол наклона в градусах	5	10	15	20	30	45	90
Точность алгоритма, %	97	95	90	87	85	80	75

Алгоритм генерации уникальной числовой последовательности на основе уникальных точек папиллярного узора отпечатков пальцев был проверен на наборе данных [10], который представляет собой отпечатки пальцев в разных наклонах. Стоит отметить, что погрешность алгоритма

увеличивается с увеличением угла наклона образцов, это может быть связано с изменением пропорций соотношения высоты и ширины образцов, что влечёт за собой погрешность нахождения центральных точек.

Библиографический список

1. Гончаров С.М., Суховой А.А. Этапы генерации уникальных ключевых последовательностей на основе папиллярного узора отпечатков пальцев // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, № 1-1 (21), 2010, стр. 97-99.

2. Гудков В.Ю., Бойцов А.В. Улучшение изображений отпечатков пальцев с помощью фильтра Габора // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника, том 15, № 1, 2015, стр. 128-132.

3. Фам З.Т. Некоторые вопросы применения методов сравнения отпечатков пальцев для биометрических систем идентификации личности // Международный научно-исследовательский журнал, № 7-1 (38), 2015, стр. 127-130.

4. Яне Б. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2007. – 584 с.

5. Фан Н.Х., Спицын В.Г. Алгоритмы для классификации отпечатков пальцев на основе применения фильтра Габора, вейвлет-преобразования и многослойной нейронной сети // Известия ТПУ. 2012. №5.

6. Гудков В.Ю., Клюев Д.А. Скелетизация бинарных изображений и выделение особых точек для распознавания отпечатков пальцев //

Вестник ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2015, №3.

7. Сергеев Д. Р., Салита Д.С., Алгоритм получения уникальных числовых последовательностей на основе папиллярного узора // Мой выбор - наука! : сборник материалов VI Региональной молодежной конференции, XLVI научной конференции студентов, магистрантов, аспирантов и учащихся лицейных классов, Барнаул, 17–27 апреля 2019 года. – Барнаул: Алтайский государственный университет, 2020. – С. 1229-1233.

8. Рыканов А.С., Харченко В.С., Анализ методов распознавания отпечатков пальца // Вестник Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского ХАИ. Системы обработки информации. – 2010, - № 6. – 7с.

9. Киндеркнехт Р.Н. Обработка изображения в задаче идентификации по отпечатку пальца // Научные исследования и разработки молодых ученых, № 2, 2014, стр. 94-98.

10. Shehu Y.I., Garcia A.R., Palade V., James A. Sokoto Coventry Fingerprint Dataset. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1807.10609> (дата обращения: 24.11.2023).