

МЕТОДИКА БИОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЕРМАТОГЛИФИЧЕСКИХ ОТПЕЧАТКОВ

В.А. Куликович

Кафедра компьютерных технологий и систем, Факультет прикладной математики и информатики,
Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: kulinkovichva@gmail.com

В работе приводится методика биометрического анализа дерматоглифических отпечатков. Выделен комплекс информативных дерматоглифических параметров, предложен последовательный алгоритм вычисления этих параметров, основанный на классификации с использованием индекса Пуанкаре.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время цифровая обработка изображений находит все большее применение в различных областях биомедицины. В медицине изучаются и используются для диагностики различных заболеваний отклонения в папиллярной дерматоглифике. Визуальная обработка дерматоглифических отпечатков весьма трудоемкая, часто бывает необъективной и уменьшает достоверность результатов. Автоматизация этого процесса, применение методов цифровой обработки изображений и дискриминантного анализа способно существенно повысить скорость и эффективность проведения диагностики.

I. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Выделяют три основных типа папиллярных узоров на подушечках пальцев: арка, петля и завиток. Возможно наличие на одном пальце двух или трех названных типов рисунка, в этом случае говорят о композиции нескольких типов (сложный узор). В более расширенной классификации каждый из трех типов узоров могут значительно отличаться друг от друга [1]. Тип папиллярного узора арка представлен чаще всего в двух вариациях: простая арка и треугольная арка. Такой тип узора встречается довольно редко и составляет 5-10% от общего количества всех отпечатков пальцев (рис. 1, a-b). Тип папиллярного узора петля является более сложным; выделяют следующие типы: левая петля, правая петля, двойная петля. Это наиболее распространенный тип узора, встречающийся у людей (60-65%) (рис. 1, c-d). Встречается и другая классификация: ультрапетля (открыта в сторону ладони) и радиальная петля (открыта в сторону большого пальца). Тип узора завиток является наиболее сложным и встречается в 30% случаев (рис. 1, e). Особые точки на дерматоглифическом отпечатке – это точки ядра и дельты. Ядро – характерная центральная область отпечатка, которую огибает максимальное количество папиллярных линий. Дельта – точка схождения трех разнонаправленных потоков. Гребневой счет – характеристика, которая обозначает частоту линий между ядром и дельтой.

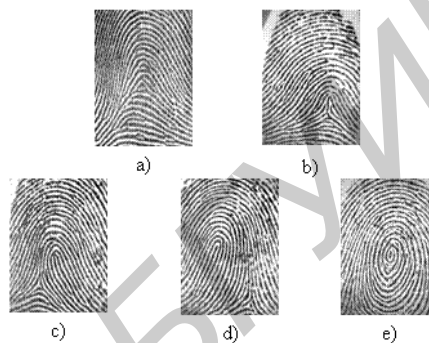


Рис. 1 – Типы папиллярных узоров

В данной работе предлагается алгоритм обработки дерматоглифических отпечатков, представленный на рис. 2.

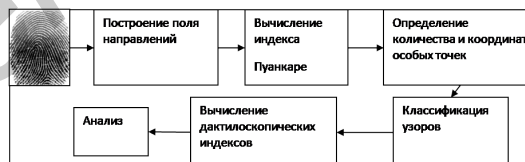


Рис. 2 – Этапы работы

II. ПОСТРОЕНИЕ ПОЛЯ НАПРАВЛЕНИЙ

Поле направлений является одной из основных характеристик дерматоглифического отпечатка и представляет собой локальную ориентацию папиллярных линий. Исходное изображение разбивается на непересекающиеся блоки, каждый из которых содержит как минимум одну папиллярную линию, и для каждого блока рассчитывается его ориентация. В данной работе для построения поля направлений использовался метод градиента, который неустойчив к зашумленным изображениям, однако, в целом даёт достаточно хороший результат. Вначале строится G_x и G_y – градиент изображения по двум направлениям, полученный с помощью масок Робертса 3×3 . Затем рассчитывается значение угла ориентации θ , по формулам (1) – (3).

$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} \arctan \frac{Vx(i, j)}{Vy(i, j)}. \quad (1)$$

$$Vx(i, j) = \sum_{i=1}^{size} \sum_{j=1}^{size} 2Gx(i, j)Gy(i, j). \quad (2)$$

$$Vy(i, j) = \sum_{i=1}^{size} \sum_{j=1}^{size} (Gx(i, j)^2 - Gy(i, j)^2). \quad (3)$$

Полученное поле направлений представлено на рис. 3.



Рис. 3 – Поле направлений дерматоглифического отпечатка

III. МЕТОД ИНДЕКСА ПУАНКАРЕ

Метод индекса Пуанкаре является одним из наиболее популярных методов обнаружения особых точек на дерматоглифическом отпечатке. Индекс Пуанкаре показывает суммарное изменение направлений вдоль замкнутой кривой на поле направлений. Если индекс Пуанкаре в рассматриваемой области равен нулю, то данная область не содержит особых точек; в противном случае, заданная область содержит особую точку, ядро или дельту, в зависимости от значения индекса. Значение индекса Пуанкаре рассчитывается для областей размером 3 на 3 блока (рис. 4) по формулам (4) – (6).

$\theta(5)$	$\theta(4)$	$\theta(3)$
$\theta(6)$		$\theta(2)$
$\theta(7)$	$\theta(0)$	$\theta(1)$

Рис. 4 – Область вычисления индекса

$$\delta(k) = \theta(k+1) - \theta(k), k = 0...6 \quad (4)$$

$$\delta(7) = \theta(0) - \theta(7)$$

$$\Delta(k) = \begin{cases} \delta(k), & |\delta(k)| \leq \frac{\pi}{2} \\ \pi + \delta(k), & \delta(k) < -\frac{\pi}{2} \\ \pi - \delta(k), & \delta(k) > \frac{\pi}{2} \end{cases} \quad (5)$$

$$Poincare(i, j) = \frac{1}{2\pi} \sum_{k=0}^7 \Delta(k). \quad (6)$$

Выбор формы и размера контура, по которому рассчитывается суммарное изменение направлений, обусловлено размером и качеством отпечатка [2]. Иллюстрация работы метода представлена на рис. 5.

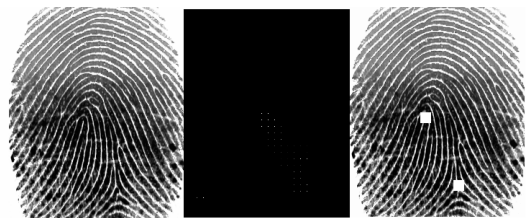


Рис. 5 – Точки с ненулевым индексом и истинная пара особых точек

После вычисления особых точек, в зависимости от их количества и типа, отпечаток классифицируется по типу узора.

IV. ВЫЧИСЛЕНИЕ ДАКТИЛОСКОПИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ

На основе классифицированных отпечатков десяти пальцев руки вычисляются качественные дактилоскопические индексы – индексы выражающие соотношение между различными типами пальцевых узоров:

- дельтовый индекс, или индекс Волоцкого – общее число дельт на всех пальцах;
- индекс Фуругаты – отношение числа завитков к общему числу петель;
- индекс Данкмейера – отношение числа арок к числу завитков;
- индекс Полла – отношение числа арок к числу петель;
- индекс Гайпеля – отношение числа завитков на первых трех пальцах одной из рук к половине числа завитков на двух оставшихся пальцах этой же руки.

Отклонения в значениях вычисленных показателей может служить основанием для дальнейшей медицинской диагностики [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе представлен алгоритм построения комплекса дерматоглифических параметров, необходимых для биометрического анализа отпечатков пальцев. Данные параметры являются информативными и стабильными биологическими маркерами и могут служить в качестве медицинских показателей предрасположенности к наследственным заболеваниям в сочетании с другими средствами диагностики. Эффективные методы цифровой обработки изображений позволяют с высокой степенью точности вычислить данные параметры, с помощью которых затем можно диагностировать предрасположенность к тому или иному наследственному заболеванию.

1. Maltoni, D. Handbook of Fingerprint Recognition / D. Maltoni, D. Maio, A. K. Jain, S. Prabhakar // Springer-Verlag, 2003. – 361 p.
2. Hong, L. Classification of fingerprint images / L. Hong, A. K. Jain // Proceedings of 11th Scandinavian Conference on Image Analysis, Kangerlussuaq, Greenland. – June 1999.
3. Богданов, Н. Хрестоматия по дерматоглифике / Н. Н. Богданов [и др.]. – Самиздат, 2006. – 38 с.