

ФОРМИРОВАНИЕ СГЛАЖЕННОГО ПОЛЯ НАПРАВЛЕНИЙ ПАПИЛЛЯРНЫХ ЛИНИЙ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ

¹В. А. Кулинкович, ²М. Ю. Селянинов

Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

Академия им. Яна Длугоша, Ченстохов, Польша

E-mail: m.selianinov@ajd.czyst.pl, kulinkovichva@gmail.com

В данной работе предлагается метод построения сглаженного поля направлений дактилоскопического отпечатка.

ВВЕДЕНИЕ

Поле направлений дактилоскопического отпечатка представляет собой локальную ориентацию папиллярных линий отпечатка [1]. Данная характеристика используется во многих задачах идентификации и биометрического анализа, именно поэтому точность полученной информации может оказать значительное влияние на дальнейшие результаты обработки. Вместе с тем актуальным является и время построения поля направлений, а также отсутствие в нем избыточной информации. В данной работе рассматривается один из методов формирования поля направлений и его сглаживания.

I. ФОРМИРОВАНИЕ ИСХОДНОГО ПОЛЯ НАПРАВЛЕНИЙ

Для формирования поля направлений используется модификация градиентного метода. Пусть $I(i, j)$ – исходное изображение размера $M \times N$. Индекс i увеличивается сверху вниз (строка изображения), индекс j – слева направо (столбец изображения). $Gx(i, j)$ и $Gy(i, j)$ – градиенты изображения I по двум направлениям, полученные с помощью масок Робертса [2]. Пример исходного отпечатка представлен на рис. 1.



Рис. 1 – Исходный отпечаток

Вначале следующим образом строится поточечное поле направлений $D(i, j)$. Вычисляется направление градиента $\phi(i, j)$ в каждой точке изображения по формуле (1):

$$\phi(i, j) = \arctan \frac{Gx(i, j)}{Gy(i, j)}. \quad (1)$$

Далее строится поточечное поле направлений (2) и дискретное поточечное поле направле-

ний (3) (по результатам практических испытаний восемь направлений являются достаточными для рассматриваемых задач):

$$D(i, j) = \phi(i, j) + \frac{\pi}{2}. \quad (2)$$

$$D_8(i, j) = \left\lfloor \frac{D(i, j) \cdot 8}{\pi} \right\rfloor. \quad (3)$$

Поточечное поле направлений является избыточным с точки зрения хранения и обработки информации. Поэтому следующим этапом идет построение посегментного поля направлений, в котором определяются направления папиллярных линий не для каждой точки изображения, а для непересекающихся сегментов определенного размера. Этот размер определяется таким образом, чтобы в каждый сегмент попадала в среднем одна папиллярная линия. В результате практических экспериментов в качестве оптимального был выбран размер 13×13 точек.

Для формирования посегментного поля направлений $\theta(i_s, j_s)$ в каждом сегменте A_s с центром в точке (i_s, j_s) используется взвешенная гистограмма распределения восьми дискретных направлений с учетом величины модуля градиента:

$$H(\nu) = \sum_{(i, j) \in A_s} \xi_\nu(i, j) g(i, j), \nu = \overline{0, 7} \quad (4)$$

где:

$$g(i, j) = \sqrt{Gx^2(i, j) + Gy^2(i, j)} \quad (5)$$

$$\xi_\nu(i, j) = \begin{cases} 1, & D_8(i, j) = \nu \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (6)$$

Далее направление $\theta(i_s, j_s)$ для каждого сегмента строится следующим образом: выбирается максимальная сумма значений взвешенной гистограммы для каждых трех соседних направлений, при этом анализируемому направлению соответствует центральное значение.

$$\theta(i_s, j_s) = \arg \max_{\nu=\overline{0,7}} \left\{ \sum_{\delta=|\nu-1|_8}^{|\nu+1|_8} H(\delta) \right\} \quad (7)$$

Пример построенного поля направлений $\theta(i_s, j_s)$ можно увидеть на рис. 2 (размер сегмен-

та 13×13 точек, число дискретных направлений – 8).

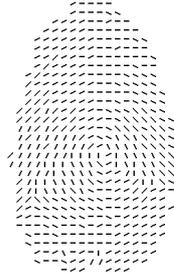


Рис. 2 – Посегментное поле направлений

II. АНАЛИЗ И СГЛАЖИВАНИЕ ПОСТРОЕННОГО ПОЛЯ НАПРАВЛЕНИЙ

В построенном посегментном поле направлений имеются неточности вследствие того, что исходный отпечаток может иметь дефекты, обусловленные различными причинами: некачественное сканирование, повреждения кожных покровов и т.д. Для дальнейшей оптимизации используется тот факт, что папиллярные линии являются гладкими кривыми, и, следовательно, для уменьшения влияния шумов можно использовать метод усреднения, или сглаживания. Сглаживание происходит следующим образом: направление в каждом сегменте заменяется значением, подсчитанным с учетом значений направлений двадцати четырех соседних сегментов (маска 5×5). Вначале для каждого сегмента считается весовой коэффициент (8) и сглаженный весовой коэффициент (9). Скорректированное направление вычисляется по формуле (10):

$$\theta_{optimal}(i_s, j_s) = |\theta'(i_s, j_s) + \delta(i_s, j_s)|_8 \quad (10)$$

$\theta'(i_s, j_s)$ – это направление, для которого сумма квадратов абсолютно наименьших отклонений от направлений в соседних сегментах с учетом их сглаженных весовых коэффициентов

$$\omega(i_s, j_s) = 4 - \frac{1}{24} \sum_{ii=-2}^2 \sum_{jj=-2}^2 \|\theta(i_s, j_s) - \theta(i_s + ii, j_s + jj)\|_8 \quad (8)$$

$$\tilde{\omega}(i_s, j_s) = \frac{1}{9} \sum_{ii=-1}^1 \sum_{jj=-1}^1 \omega(i_s + ii, j_s + jj) \quad (9)$$

$$\theta'(i_s, j_s) = \arg \min_{\nu=0,7} \left\{ \sum_{ii=-1}^1 \sum_{jj=-1}^1 (|\nu - \theta(i_s + ii, j_s + jj)|_8)^2 \cdot \tilde{\omega}(i_s + ii, j_s + jj) \right\} \quad (11)$$

$$\delta(i_s, j_s) = \frac{\sum_{ii=-1}^1 \sum_{jj=-1}^1 |\theta'(i_s, j_s) - \theta(i_s + ii, j_s + jj)|_8 \cdot \tilde{\omega}(i_s + ii, j_s + jj)}{\sum_{ii=-1}^1 \sum_{jj=-1}^1 \tilde{\omega}(i_s + ii, j_s + jj)} \quad (12)$$

была бы минимальна (см. формулу (11)). Поправка $\delta(i_s, j_s)$ для каждого сегмента вычисляется по формуле (12).

В результате проведенных преобразований получаем сглаженное посегментное поле направлений $\theta_{optimal}(i_s, j_s)$ (см.рис.3).

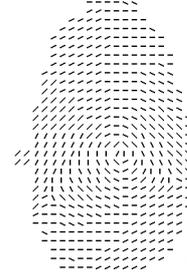


Рис. 3 – Сглаженное посегментное поле направлений

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлен алгоритм формирования посегментного поля направлений дактилоскопического отпечатка, основанный на анализе гистограммы распределения поточечных направлений, а также метод сглаживания построенного поля по принципу усреднения значений в каждом сегменте с учетом значений в некоторой окрестности.

1. Maltoni, D. Handbook of Fingerprint Recognition / D. Maltoni, D. Maio, A. K. Jain, S. Prabhakar // Springer-Verlag, 2003. – 361 p.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс // Пер. с англ. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Kolyada A. Direction field of fingerprint image and its optimization with the help of relaxation procedures / A. Kolyada, V. Revinski, M. Tikhonenko // 16 Annales Academiae Pedagogicae Cracoviensis. Studia Mathematica III. – Krakow: Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej, 2003. – С. 101–105.
4. Hong, L. Classification of fingerprint images / L. Hong, A. K. Jain // Proceedings of 11th Scandinavian Conference on Image Analysis, Kangerlussuaq, Greenland. – June 1999.