

Метод моментов Гаусса-Эрмита для анализа изображений отпечатков пальцев

Е. В. Лазарева*, А. С. Крылов*, Олег Ушмаев**
 *Ф-т вычислительной математики и кибернетики
 МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
 kryl@cs.msu.ru, eugeny.lazareva@gmail.com

** Институт проблем информатики РАН,
 oushmaev@ipiran.ru

Увеличение производительности современных компьютеров позволяет вводить новые шаги в процесс распознавания отпечатков пальцев (ОП) [1]. Один из таких шагов – предварительная обработка входного изображения. Поскольку ОП можно рассматривать как текстуры, для их обработки хорошо подходят различные геометрические и ортогональные моменты. В данной работе рассматривается предварительная обработка изображений ОП с помощью моментов Гаусса-Эрмита.

Сегментация отпечатков пальцев

Основная цель алгоритма сегментации состоит в отделении области фона от области интереса. Поверхность ОП можно рассматривать как ориентированную текстуру. Для ее анализа используем двумерные моменты Гаусса-Эрмита

$$M_{p,q}(x, y, S(x, y)) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} G(t, v, \sigma) H_{p,q}(t/\sigma, v/\sigma) S(x+t, y+v) dt dv$$

где $G(t, v, \sigma)$ – двумерная функция Гаусса, а $H_{p,q}(t/\sigma, v/\sigma)$ – масштабированный двумерный полином Эрмита.

Момент Гаусса-Эрмита в ОП будет меняться сильнее, чем в области фона. Введем энергию для изображений как квадрат моментов Гаусса-Эрмита. Учитывая ортогональность моментов Гаусса-Эрмита, представим полную энергию изображения как суммарную энергию выбранных моментов

M_{p_i, q_j} . Применив к полной энергии моментов низкочастотный (low pass) фильтр, получим сглаженную энергию $E'(x, y)$. Гистограмма полученной функции $E'(x, y)$ представляет собой бимодальную функцию, поэтому можно легко разделить фон и область интереса. Если применить пороговое значение к $E'(x, y)$, получится маска для выделения отпечатка из исходного изображения.

Нахождение сингулярных точек

Сингулярные точки (центры и дельты) являются важной глобальной характеристикой ОП. Область сингулярной точки определяется как область, в которой высока кривизна папиллярных линий и направление их сильно меняется.

Определим следующие величины:

$$M_u(x, y) = \alpha M_{1,0}(x, y, I(x, y)) + (1 - \alpha) M_{3,0}(x, y, I(x, y)),$$

$$M_v(x, y) = \alpha M_{0,1}(x, y, I(x, y)) + (1 - \alpha) M_{0,3}(x, y, I(x, y)),$$

где α ($0 \leq \alpha \leq 1$) — вес, ассоциированный с порядком момента. Вектор $[M_u, M_v]^T$ распределен вдоль оси,

перпендикулярной локальной ориентации папиллярных линий [2]. Однако, в области сингулярной точки распределение вектора практически однородно по всем направлениям и они могут быть обнаружены из анализа распределения вектора $[M_u, M_v]^T$.

Собственные значения (λ_1, λ_2) ковариационной матрицы для векторов $[M_u, M_v]^T$ являются длинами главных осей нормального распределения, наилучшим образом приближающего заданное множество векторов. Функция когерентности

$$K = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

будет близка к 1 на большей части ОП, в то время как в особых точках она будет иметь локальный минимум близкий к 0. В зашумленных областях когерентность также будет близка к 0, однако она не будет иметь в таких точках локального минимума.

В качестве тестового массива для экспериментов была выбрана база отпечатков пальцев FVC2002. Примеры обработки изображений ОП приведены на рисунке 1.

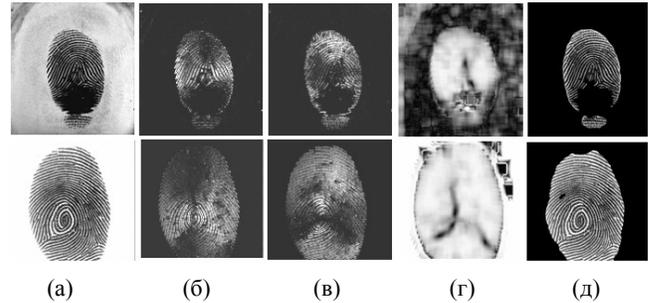


Рисунок 1: Обработка ОП методом моментов Гаусса-Эрмита:

- (а) исходные изображения, (б) энергия момента $M_{0,1}$, (в) энергия момента $M_{1,0}$, (г) функция когерентности для $\alpha=0$, (д) результат применения маски для выделения отпечатка.

В качестве основных достоинств метода отметим:

- не требует предварительной фильтрации изображения;
- позволяет определять качество любых фрагментов изображения;
- позволяет определять область отпечатка с точностью до пиксела.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проектов РФФИ 06-01-00789-а, РФФИ 07-07-00031 и 06-01-39006-ГФЕН_а.

Список литературы

- [1] James Wayman et al. Biometric Systems: Technology, Design and Performance Evaluation. Springer Verlag, 2004.
- [2] Lin Wang, Mo Dai. Extraction of Singular Points in Fingerprints by the Distribution of Gaussian-Hermite Moment. IEEE Proc. First Int. Conf. DFMA 2005, pp. 206-209.