

Инварианты как метод верификации по статической подписи

Ручай А.Н.

Челябинский государственный университет, Братьев Кашириных, д. 129, г. Челябинск, 454021, Россия

ruchai@pochta.ru

***Аннотация.** Распознавание образов. Многоитерационный подход распознавания образов, учитывающий геометрические преобразования (повороты, сдвиги и изменения масштаба), относительно трудоемкий с вычислительной точки зрения. Поэтому необходимо использовать другой метод, который строится не на сравнении самих образов, а на сравнении инвариантов их геометрических преобразований, где сравнение нового образа с эталоном происходит за одну итерацию сразу же после вычисления его инварианта.*

В данной работе был впервые применен и экспериментально исследован метод сравнения статических подписей, основанный на инвариантах, в результате была реализована система верификации по статической подписи. Также было проведено тестирование надежности реализованной системы и произведено сравнение методов параметризации подписи. В результате качество работы можно оценить ошибкой 1 рода, равной 0,05 и ошибкой 2 рода, равной 0,01. Результаты проведенного тестирования позволяют сказать то, что метод инвариантов не только более надежный метод по сравнению с «классическим» методом, но и в совокупности с ним дает лучшую надежность работы системы верификации по статической подписи.

Ключевые слова: биометрика, распознавание образов, статическая подпись, инварианты

1 Введение

В связи с существованием разнообразных «классических» методов идентификации личности по подписи, в основном связанных с выбором индивидуальных параметров почерка и его характеристик, которые нестойки к геометрическим искажениям, возникает важность создания более надежных и стойких к геометрическим искажениям методов.

Один из методов решения задачи распознавания образов основывается на сравнении каждого нового образа с эталоном и оценке меры подобия между ними.

На практике распознаваемый образ и образ-эталон, как правило, отличаются друг от друга масштабом представления, поворотом и сдвигом. Если последовательно выполнять все возможные геометрические преобразования (повороты, сдвиги и изменения масштаба) эталонного образа и при этом сравнивать результат преобразования с распознаваемым образом то, в конце концов, можно зарегистрировать те параметры преобразований, при которых выступает наивысшее значение меры подобия. Ясно, что такой многоитерационный подход (распознавание через регистрацию), используемый, например, при распознавании отпечатков пальцев, относительно трудоемкий с вычислительной точки зрения.

Другой метод строится не на сравнении самих образов, а на сравнении инвариантов их геометрических преобразований. И сравнение нового образа с эталоном происходит за одну итерацию сразу же после вычисления его инварианта.

2 Теоретическая часть

Как известно, расстояние между двумя точками на плоскости не изменяется при их синхронном сдвиге и повороте. Это свойство можно использовать при построении инвариантов контурных образов на бинарных изображениях. Рассматриваемый здесь класс инвариантов вычисляется как расстояния между нормализованными координатами контурного образа. Нормализация координат позволяет дополнительно к отмеченному выше свойству элиминировать масштаб представления образа. Нормализация выполняется отдельно по каждой координате. Таким образом, матрицы расстояний являются инвариантами геометрических преобразований (сдвига, поворота, изменения масштаба) образов в плоскости XY .

Были рассмотрены три вида инвариантов: UNL -инварианты, AAL -инварианты и EA -инварианты, основанные на матрице расстояний. Самый лучший из трех оказался инвариант, основанный на матрице расстояний.

Весь процесс вычисления инварианта, основанного на матрице расстояний, можно представить следующим образом:

1. Запишем исходные координаты контура (x_i, y_i) , где $i = 1, \dots, n$, в форме вектора x , состоящего из n комплексных чисел:

$$x = (x_1 + iy_1, \dots, x_n + iy_n).$$

2. Центрируем исходные данные относительно среднего значения:

$$x_0 = x - \bar{x},$$

где \bar{x} – среднее значение вектора x .

3. Вычислим нормированные координаты:

$$x^{(n)} = \frac{\operatorname{Re}(x_0)}{\max(\operatorname{Re}(x_0))} + i \frac{\operatorname{Im}(x_0)}{\max(\operatorname{Im}(x_0))},$$

где \max – максимальный элемент.

4. Теперь вычисляем матрицу расстояний для всей совокупности нормированных координат:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{pmatrix},$$

где r_{ij} – расстояние между i -й и j -й координатами.

На рисунке 1 приведены контурные образы подписей, полученные для различных параметров масштаба, поворота и сдвига, и вычисленные для этих образов матрицы расстояний.

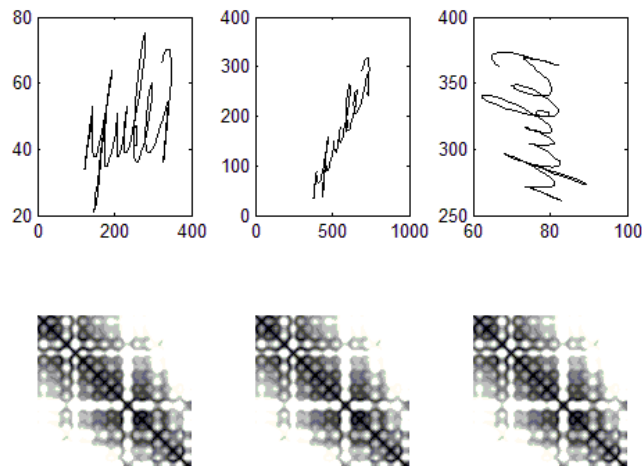


Рис. 1 Образы подписи и соответствующие им матрицы расстояний.

Сравнивая между собой полученные матрицы расстояний, можно отметить, что все они одинаковые. Взаимная корреляция между ними равна строго 1. При этом, даже если пункт начала обхода каждого контура будет разным, значение взаимной корреляции не изменится, а пик ее сдвинется на то число строк и столбцов, которое будет соответствовать разнице в порядковых номерах пунктов начала обхода контуров.

В данной работе был впервые применен и экспериментально исследован метод сравнения статических подписей, основанный на инвариантах, в результате была реализована система верификации по статической подписи. Также было проведено тестирование надежности реализованной системы и произведено сравнение методов параметризации подписи. Результаты проведенного тестирования позволяют сказать то, что метод инвариантов более надежный метод по сравнению с «классическим» методом.

«Классический» метод включает в себя набор различных характеристик подписи:

- **Отношение длины подписи к ее ширине.** Это наиболее простая характеристика и для ее вычисления необходимо найти отношение длины подписи к ее ширине:

$$S = \frac{\max_{i=1,\dots,n}(x_i) - \min_{j=1,\dots,n}(x_j)}{\max_{i=1,\dots,n}(y_i) - \min_{j=1,\dots,n}(y_j)}.$$

- **Центр подписи.** Для вычисления данной характеристики необходимо найти сумму координат по X и Y , а потом разделить на количество точек подписи:

$$C_X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{и} \quad C_Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i.$$

- **Угол наклона подписи.** Под углом подписи понимается --- косинус среднего угла наклона ломанной траектории линии подписи к оси абсцисс:

$$\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{x_{i+1} - x_i}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}}.$$

- **Угол наклона между центрами половин подписи.** После того как был найден центр подписи C_X , разобьем множество $(X, Y) = \{(x_i, y_i)\}$ на два подмножества

$$L = \{(x_i, y_i) \mid x_i \leq C_X\}$$

и

$$P = \{(x_i, y_i) \mid x_i > C_X\}.$$

Найдем центры полученных подмножеств L и P :

$$C_{X_L} = \frac{1}{|L|} \sum_{x_i \in L} x_i, \quad C_{Y_L} = \frac{1}{|L|} \sum_{x_i \in L} y_i$$

и

$$C_{X_P} = \frac{1}{|P|} \sum_{x_i \in P} x_i, \quad C_{Y_P} = \frac{1}{|P|} \sum_{x_i \in P} y_i.$$

Теперь найдем косинус угла наклона к оси абсцисс линии, которая соединяет центры двух половин подписи:

$$\frac{C_{X_P} - C_{X_L}}{\sqrt{(C_{X_P} - C_{X_L})^2 + (C_{Y_P} - C_{Y_L})^2}}.$$

3 Заключение

Результаты проведенного тестирования позволяют сказать то, что метод инвариантов не только более надежный метод по сравнению с «классическим» методом, но и в совокупности с ним дает лучшую надежность работы системы верификации по статической подписи.

Полученные результаты являются независимой оценкой данных систем, что служит базой для дальнейших разработок систем верификации подписи статическими методами, а также динамическими. В результате качество работы можно оценить ошибкой 1 рода, равной 0,05 и ошибкой 2 рода, равной 0,01. Следует отметить недостаток тестирования: небольшой размер выборки, что не дает точной оценки надежности реализованной системы. Также стоит сказать то, что точность разработанного метода значительно уступает точности широко используемых методов основанных на динамических характеристиках подписи, что только подталкивает автора на дальнейшее исследование и разработку более надежных методов идентификации пользователя по подписи.

Литература

- [1] *Кухарев Г.А.* Биометрические системы: методы и средства идентификации личности человека. – СПб.: Политехника, 2001. – 240 с.