

Влияние Ложных Признаков На Качество Сравнения Дактилоскопических Изображений

Гудков Владимир Юльевич, Лепихова Дарья Николаевна
 Челябинский государственный университет, Миасс, Россия
diana@sonda.ru, daria.lepikhova@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается представление дактилоскопических изображений (ДИ) при помощи графической структуры в виде графа; при этом идентификация изображений производится с помощью операций над графами. Для идентификации используются частные признаки ДИ. Ошибки детектирования частных признаков могут в значительной степени повлиять на точность идентификации.

Ключевые слова: дактилоскопические изображения, частный признак, граф ДИ

1. ВВЕДЕНИЕ

Представление ДИ в виде графа позволяет выполнить оценку подобия изображений при помощи операций над графами. В этом случае Графом ДИ $G(V, E)$ называется совокупность непустого множества вершин V (частных признаков) и множества ребер E (связей) двухэлементных подмножеств множества V :

$$G(V, E) = \langle V; E \rangle, V \neq \emptyset, E \subset 2^V \text{ и } \forall e \in E (|e| = 2)$$

Вершина $u \in V$ образует множество смежности

$$\Gamma^+(u) = \{v \in V | (u, v) \in E\}$$

На рис. 1 показаны три множества смежности

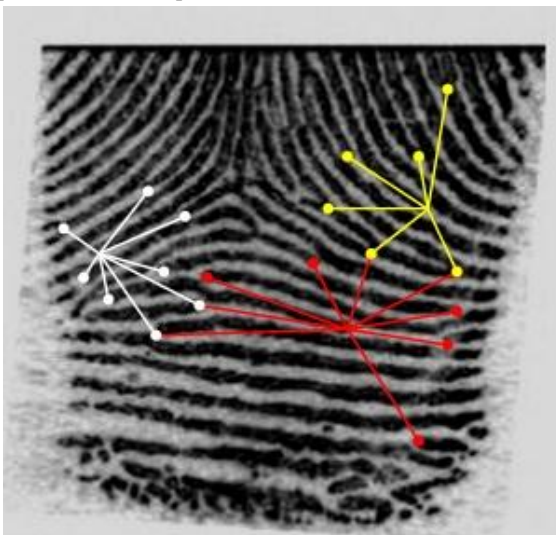


Рис. 1: Множества смежности частных признаков

На этапах обработки изображения и формирования шаблона возможно появление ложных или пропуск истинных частных признаков.

Maltoni упоминает, что, в соответствии с судебной системой США, для подтверждения идентичности отпечатков

необходимо совпадение не менее 12 частных признаков [3]. В других странах это число может меняться.

Целью работы является исследование зависимости качественных характеристик алгоритма сравнения ДИ от количества ложных частных признаков, используемых для сравнения.

2. ЧАСТНЫЕ ПРИЗНАКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Список частных признаков узора L_m формируется в виде:

$$L_m = \{M_i = \{(x_i, y_i), \alpha_i, t_i, s_i, v_i, \theta_i, p_i, h_i\} | i \in 1..n_1\},$$

где M_i – частный признак, $|L_m| = n_1$;

i – индекс как номер частного признака;

$(x_i, y_i), \alpha_i, t_i, s_i, v_i, \theta_i, p_i, h_i$ – координаты, направление, тип, метка сомнительности, величина и направление кривизны, вероятность и плотность линий в окрестности частного признака.

Координаты (x_i, y_i) частного признака M_i определяются координатами вершины скелета. Направление α_i как угол определяется связанными вершинами скелета. Тип $t_i \in \{0; 1\}$, где 0 – разветвление и 1 – окончание. Метка сомнительности $s_i \in \{0; 1\}$ определяется положением частного признака, близким к неинформативным областям, причем 1 означает сомнительность.

Для сравнения используются только достоверные признаки, метка сомнительности для которых имеет значение 0.

3. СРАВНЕНИЕ ОТПЕЧАТКОВ КАК ГРАФОВ

Сравнение графа $G_1(V_1, E_1)$ с графом $G_2(V_2, E_2)$ основано на гомоморфизме f . Необходимо выбрать такие наборы операций φ для графа $G_1(V_1, E_1)$ и ψ для графа $G_2(V_2, E_2)$, что $f(\varphi(V_1)) = \psi(f(V_2))$.

Для работы с шаблоном ДИ как с графом использовался следующий набор функций: удаление из шаблона частного признака, удаление связи между признаками, а также добавление в шаблон «ложных» признаков и связей. Перечисленные функции используют следующие операции над графами.

- Удаление признака из шаблона – удаление вершины графа.

$$G_1(V_1, E_1) - v \in V_1 = G_2(V_2, E_2) | \{V_2 = V_1 - v \text{ и } E_2 = E_1 \setminus \{e = (v_1, v_2) | v_1 = v \vee v_2 = v\}\}$$
- Удаление связи между признаками – удаление ребра графа.

$$G_1(V_1, E_1) - e \in E_1 = G_2(V_2, E_2) | \{V_2 = V_1 \text{ и } E_2 = E_1 - e\}$$
- Добавление признака в шаблон – добавление вершины.

$$G_1(V_1, E_1) + v \notin V_1 = G_2(V_2, E_2) | \{V_2 = V_1 + v \text{ и } E_2 = E_1\}$$

- Добавление связи между признаками – добавление ребра (ложные ребра и вершины)

$$G_1(V_1, E_1) + e \in E_1 = G_2(V_2, E_2) \{V_2 = V_1 \& E_2 = E_1 + e\}$$

Операции вставки и удаления вершин, а также вставки и удаления ребер являются базовыми для работы с графом. На их основе можно реализовать ряд других операций, такие как стягивание подграфа, вставку и удаление множества смежности какой-либо вершины.

- Стягивание подграфа

$$\begin{aligned} G_1(V_1, E_1) / A | A \subset V_1 \\ = G_2(V_2, E_2) \{V_2 = (V_1 \setminus A) + v \& E_2 \\ = E_1 \setminus \{e = (u, w) | u \in A \vee w \in A\} \\ \cup \{e = (u, v) | u \in \Gamma(A) \setminus A\}\} \end{aligned}$$

- Вставка множества смежности вершины

$$\begin{aligned} G_1(V_1, E_1) + \Gamma^+(u) = G_2(V_2, E_2) \{V_2 = V_1 + u \& E_2 \\ = E_1 + (u, v) | v \in E_1\} \end{aligned}$$

- Удаление множества смежности вершины

$$\begin{aligned} G_1(V_1, E_1) - \Gamma^+(u) = G_2(V_2, E_2) \{V_2 = V_1 - u \& E_2 \\ = E_1 - (u, v) | v \in E_1\} \end{aligned}$$

4. ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Были проведены несколько серий вычислительных экспериментов. Для сравнения использовались изображения из баз Db1 и Db2 FVC2002 и FVC2003. Исследовались зависимости уровней ошибок первого и второго рода от количества ложных признаков, присутствующих в шаблоне. На рис. 2 приведены ROC-кривые для различных значений q, где q – количество ложных признаков в шаблоне.

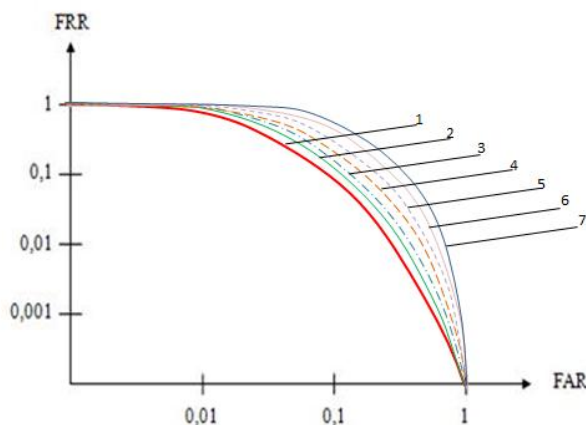


Рис 2: Кривые ошибок

Цифрами на рис. 2 обозначены:

- 1 – исходная ROC-кривая;
- 2 – ROC-кривая для q = 1;

- 3 – ROC-кривая для q = 3;
- 4 – ROC-кривая для q = 5;
- 5 – ROC-кривая для q = 7;
- 6 – ROC-кривая для q = 9;
- 7 – ROC-кривая для q = 11.

Очевидно, что при увеличении числа ложных признаков в шаблоне качество сравнения ухудшается.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Присутствие в шаблоне ложных признаков оказывает значительное влияние на точность идентификации. Чем больше таких признаков, тем выше вероятность ошибки. При этом отсутствие некоторых истинных частных признаков приводит к заметно более значительному увеличению вероятности ошибок идентификации, чем наличие ложных признаков в шаблоне.

6. ССЫЛКИ

- [1] Ф.А. Новиков. Дискретная математика для программистов. 2-е издание – СПб.: Питер, 2013. – 432 с.
- [2] Пат. 2331108 Российская Федерация, МПК G06K 9/62. Способ сравнения отпечатков папиллярных узоров / Д.И. Аркабаев, В.Ю. Гудков. – № 2006140939/09; заявл. 20.11.2006; опубл. 10.08.2008; Бюл. № 22. – 17 с.
- [3] Maltoni D. Handbook of fingerprint recognition / D. Maltoni, D. Maio, A.K. Jain, S. Prabhakar. – London: Springer-Verlag, 2009. – 496 p

Об авторах

Гудков Владимир Юльевич – доктор физико-математических наук, доцент Челябинского государственного университета. Его адрес: diana@sonda.ru. Область научных интересов: обработка изображений, распознавание образов, идентификация отпечатков пальцев, комплексы программ.

Лепихова Дарья Николаевна – аспирант Челябинского государственного университета. Адрес daria.lepikhova@yandex.ru. Область научных интересов: идентификация отпечатков пальцев, параллельные вычисления.