

УДК 004.9

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПО ОТПЕЧАТКАМ ПАЛЬЦЕВ С УЧЁТОМ ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ВО ВЬЕТНАМЕ

¹Фам Зуи Тхай

¹ *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники» (МИРЭА), Москва, Россия (119454 Россия, г. Москва, проспект Вернадского, 78), e-mail: meomirea212@gmail.com*

Проведен анализ биометрической системы идентификации личности по отпечаткам пальцев. На основе классификации отпечатков пальцев рассмотрены процессы распознавания и алгоритмы сравнения отпечатков пальцев.

Ключевые слова: биометрия, система идентификации, идентификация, отпечаток пальца.

MATHEMATICAL METHODS AND ALGORITHMS FOR PROCESSING OF BIOMETRIC INFORMATION IN THE SYSTEM OF PERSONAL IDENTIFICATION BY FINGERPRINTS IN VIEW OF THEIR FEATURES IN VIETNAM

¹Pham Duy Thai

¹ *Federal State Educational Institution of Higher Education «Moscow State University of Information Technologies, Radio Engineering and Electronics»(MIREA), Moscow, Russia (119454 Russia, Moscow, Vernadskogo avenu, 78), e-mail: meomirea212@gmail.com*

The analysis of the biometric identification system of fingerprint. On the basis of classification fingerprint examines the processes of recognition and comparison algorithm fingerprint

Key words: biometrics, identification system, identification, fingerprint.

Введение

В связи с возросшей информатизацией современного общества и увеличением числа объектов и потоков информации, которые необходимо защищать от несанкционированного доступа, все более актуальными становятся проблемы использования технологий идентификации личности по биометрическим параметрам для разграничения доступа к информационным ресурсам.

Использование биометрических характеристик для подтверждения личности предполагает использование физических характеристик, таких как лицо, голос или отпечатки пальцев, с целью удостоверения личности. Сопоставление отпечатков пальцев является самой удачной технологией биометрической идентификации благодаря простоте использования, отсутствию постороннего вмешательства и надежности. Отпечаток пальца состоит из борозд и полосок,

образующих сложный узор, уникальный для каждого человека, а потому, обеспечивающий оптимальный метод идентификации.

Распознавание по отпечаткам пальцев самый распространенный статический метод биометрической идентификации, в основе этого метода лежит уникальность для каждого человека рисунка папиллярных узоров на пальцах. Изображение отпечатка пальца, полученное с помощью специального сканера, преобразуется в цифровой код и сравнивается с ранее введенным шаблоном или набором шаблонов (в случае аутентификации).

В данной статье обсуждаются классификации отпечатков пальцев на основе их характеристик и использование триангуляции Делоне для анализа отпечатков пальцев. Представлены методы математического обеспечения биометрических систем идентификации личности по отпечаткам пальцев с учётом особенностей их применения во Вьетнаме.

В Социалистической Республике Вьетнама (СРВ) поставлена задача по замене бумажных документов, удостоверяющих личность, на электронные. В связи с этим, большое внимание уделяется разработке и внедрению биометрических методов контроля для персональной идентификации. Учитывая поставленную правительством Вьетнама задачу по актуальности разработки математических методов, направленных на решение задачи обеспечения надежной множественной идентификации личности граждан с использованием новых технологий смарт-карт в сочетании с проверкой биометрических данных не вызывает сомнения.

С 2011 года в СРВ осуществляется реализация государственного проекта № 446/QĐ-TTg «Выпуск и выдача новых карт удостоверения личности СРВ по современным технологиям». Одна из основных задач проекта - эффективное применение современных методов идентификации личности по биометрическим факторам граждан с учётом политических и экономических особенностей Вьетнама. При построении системы «Выпуск и выдача новых карт удостоверения личности СРВ по современным технологиям» в интересах государственного управления Вьетнама необходимо учитывать следующее:

- Ускорение экономического развития Вьетнама совпало по времени с созданием и внедрением новых информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в современном обществе. Вьетнам приступает к строительству национальных информационных инфраструктур, чтобы выйти на новый уровень развития стран Ассоциации государств Юго-Восточной Азии (АСЕАН).

- В СРВ сохраняется социалистическая система народного хозяйства, в то же время наряду с социалистической формой собственности присутствует и капиталистическая.

- При реализации системы электронного правительства требуется многофункциональное средство для предоставления государственных электронных услуг населению.

- Используемые до настоящего времени для идентификации в сфере банков и контроля доступа в СРВ контактные смарт-карты с ПИН-кодом не достаточно эффективны и надёжны, поэтому возникает необходимость в разработке новых смарт-карт с биометрическими факторами для идентификации.

Классификация отпечатков пальцев

У каждого отпечатка пальцев есть два типа признаков – глобальные и локальные. Глобальные признаки отпечатков пальцев – область образа, ядро, пункт дельта, папиллярный узор.

- область образа это фрагмент отпечатка пальца, в котором расположены все глобальные признаки [4].

- ядро является точкой, находятся близко с центром отпечатка пальца.

- пункт Дельта – это начальная точка, где происходит разделение или соединение бороздок папиллярных линий.

- папиллярные линии на поверхности пальцев рук образуют различные узоры, называемые папиллярными узорами. Папиллярный узоры имеет три вид: Дуги, петли и завитки.

Папиллярные линии отпечатков пальцев не прямой, они часто разветвлены, разрывы и сломаны. Точки, в которых папиллярные линии кончаются, разветвляются, называются точками минуции. Эти точки являются уникальным для каждого отпечатка признаками, определяющие пункты изменения структуры папиллярных линий.

Классификации отпечатков пальцев по-прежнему остается очень сложной проблемой для обоих человеческих экспертов и автоматизированных систем. С одной стороны, только ограниченное число основных категорий отпечатков пальцев были идентифицированы и распределение отпечатков пальцев в этих категорий не является равномерным. С другой стороны, как уже упоминалось выше, существует большой изменения в конфигурациях отпечатков пальцев. Определение каждой категории отпечатков пальцев является сложной и неопределённой. Рис. 1 показывает некоторые примеры возможных определяемых классов.

Процесс распознавания отпечатка пальца зависит от сравнения локальных характеристик хребта и их отношений, чтобы определить уникальность отпечатков пальцев. На изображении поверхности пальца можно определить достаточно большое количество мелких деталей (минуций), по которым можно их классифицировать.

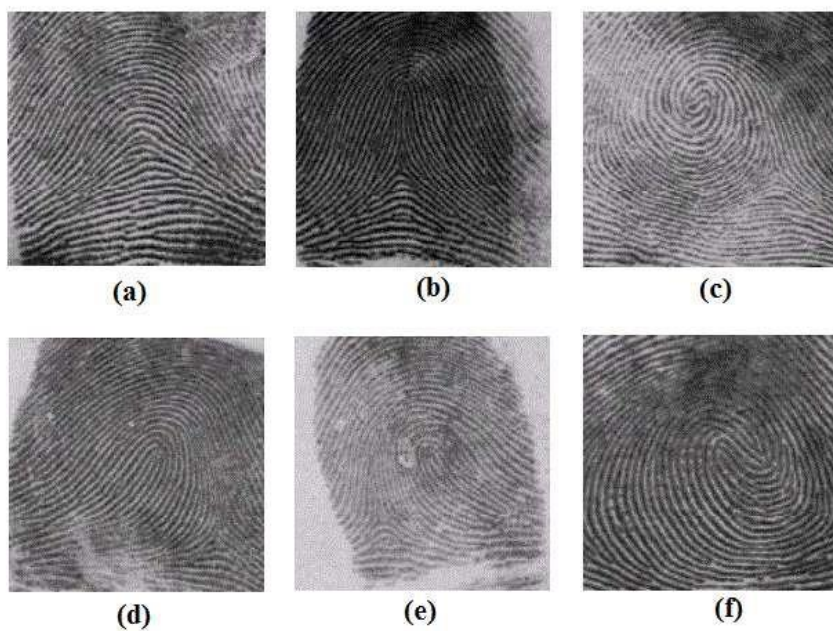


Рис. 1. (a) – дуга (b) – треугольная дуга; (c) – завиток; (d) – правая петля; (e) – левая петля; (f) – двойная петля;

Два наиболее известных характеристики типа деталей узора, называемые особыми точками, являются.

- конечные точки являются точками, в которых заканчиваются папиллярные линии;
- точки ветвления – определяются как точки, в которых папиллярные линии раздваиваются.

Минуции отпечатками пальцев стабильны и устойчивы они могут быть легко идентифицированы. Примеры минуции показаны на рисунке 2 [5]. Для данного отпечатка пальца, минуции можно охарактеризовать по его типу, его координаты x и y , и его направление.

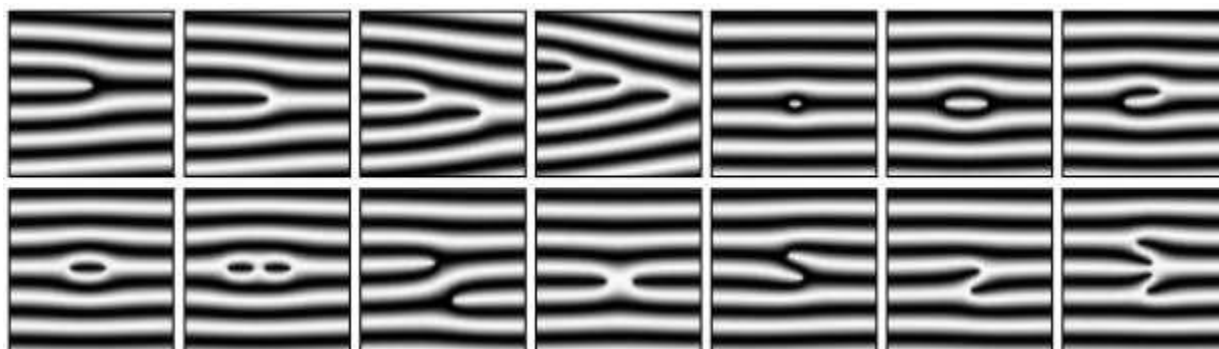


Рис. 2. Примеры минуции

Алгоритм биометрической системы идентификации личности, который формирует свертки отпечатка пальца, зависит от качество изображения папиллярного узора пальца.

Сейчас в основном используются стандарты ANSI и FBI США. В них определены следующие требования к образу отпечатка:

- каждый образ представляется в формате TIF или BMP;
- образ должен иметь разрешение не ниже 500 dpi;
- образ должен быть полутоновым с 256 уровнями яркости;
- максимальный угол поворота отпечатка от вертикали не более 15 градусов;
- основные типы минуций — окончание и точки ветвления [3].

Процесс распознавания отпечатков пальцев можно разделить на 5 основных шагов:

1. Приобретение отпечатков пальцев. Качество получаемого отпечатка является важным для распознавания отпечатков пальцев.

2. Улучшение отпечатков пальцев. Этот шаг должен повысить структуры папиллярных линий в поврежденных изображениях.

3. Классификация отпечатков пальцев. Это относится к назначению любого пальца к соответствующему классу. Классификация - непростой процесс, потому что в некоторых случаях трудно определить, в какой класс некоторые отпечатки пальцев принадлежит

4. Выделение минуций - На этом этапе структуры папиллярных линий рассмотрены и обнаружены и извлечены как черты. Есть много точек отпечатка пальца в структуре папиллярных линий, но только два из них используются для систем доступа - конечные точки и точки ветвления

5. Сравнение отпечатков пальцев. Процесс основан на сравнении два отпечатки пальцев. Первый отпечатков пальцев предполагается оригинальный, а второй сохраняется в виде шаблона (например, на смарт-карте). В процессе, сохраненные точки отпечатка пальца в шаблоне и извлеченные мелочи очков из недавно полученного изображения сравниваются.

Анализ отпечатков пальцев с использованием триангуляции Делоне

Исходными данными для анализа отпечатка пальцев является бинарное изображение, в котором черным цветом представлены линии папиллярного узора, а белыми — фон. Для этого изображения можно построить соответствующую аппроксимирующую многоугольную фигуру и ее базовый скелет

Анализ ребер скелета, инцидентных этим вершинам позволяет вычислить в каждой из них направление папиллярной линии. На рис. 3, а представлено множество найденных вершин скелета 1 и 3 степени и направления линий в этих вершинах для изображения из рис. 3

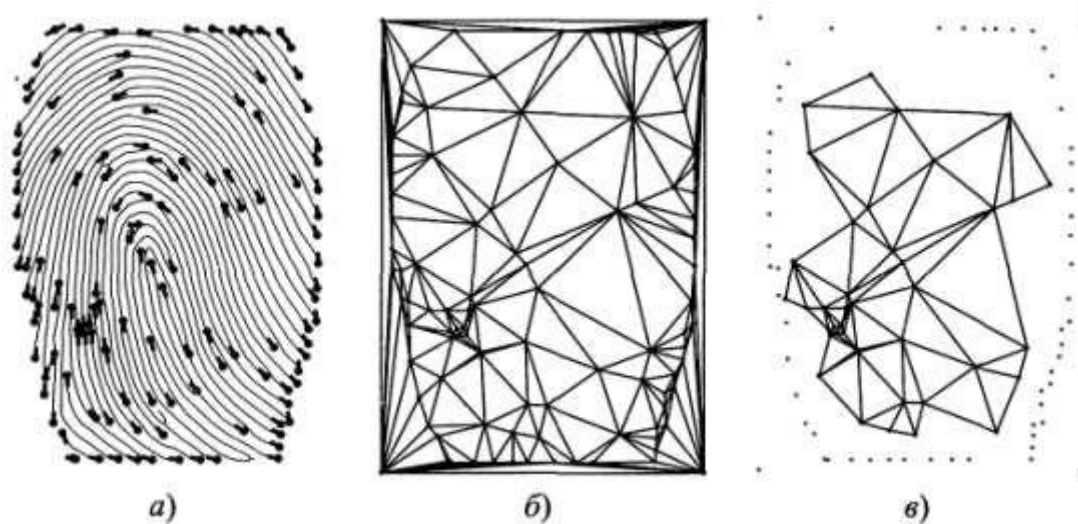


Рис. 3 Поиск особых точек папиллярного узора: терминальные и узловые вершины скелета (а), триангуляция Делоне на терминальных вершинах (б), фильтрация ложных терминальных вершин на границе изображения (в)

Однако не все выявленные терминальные вершины являются особыми точками папиллярного узора.

Для множества вершин скелетного графа, триангуляция Делоне хорошо показывает свойства точек, связанные с их взаимным расположением. В частности, она описывает пространственную близость точек к границе изображения и близость их между собой. Это позволяет выявить точки обрыва линий на границе изображения и точки разрыва линий, образовавшиеся в результате травм кожи. Таким образом, анализ триангуляции Делоне, построенной на терминальных вершинах скелетного графа, позволяет произвести фильтрацию этого множества вершин, отбросить ложные вершины-кандидаты и существенно сократить список особых точек.

На практике размер данных электронного шаблона многих методы распознавания отпечатков пальцев невозможно хранить на памяти смарт-карт, т.к. размер шаблона больше, чем требуется. Поэтому в данной работе был разработан алгоритм распознавания отпечатков пальцев с применением нечеткой триангуляции Делоне для хранения на смарт-карты.

При вычислении триангуляции Делоне мы сортируем треугольники, чтобы исключить треугольники с очень маленьким или очень большим внутренним углом. При поиске точек, которые находятся очень близко с окружностью, описывающей треугольник, получены несколько треугольников не-Делоне – так называемая “нечеткая триангуляция Делоне.

Процессы триангуляции

Процесс 1: Вычисления окружности, описывающей треугольник ABC с использованием входных координат точек треугольника $\{A(x_a, y_b), B(x_b, y_b), C(x_c, y_c)\}$.

Процесс 2: использованием условия $d^2 < \rho + \delta\rho$ для сравнения расстояния d^2 между любыми другими точками $G(x_g, y_g)$ к центру O окружности, описывающей треугольник ABC . Где $\rho = r^2$ и r – радиус окружности, описывающей треугольник ABC .

Площади A_T треугольника (ABC) : $A_T = \frac{1}{2} |d_{ABC}|$ Где
 $d_{ABC} = x_a(y_c - y_b) + x_b(y_a - y_c) + x_c(y_b - y_a) \neq 0$



Рис 4: Нечеткая триангуляция Делоне

Квадрат радиуса окружности, описывающей треугольник ABC , вычисляется по формулу:

$$\rho = \frac{((x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2) * ((x_a - x_c)^2 + (y_a - y_c)^2) * ((x_b - x_c)^2 + (y_b - y_c)^2)}{4d_{ABC}^2}$$

Координаты центра окружности, в которую вписан треугольник ABC вычисляется по формулу:

$$x_0 = \frac{(x_b^2 + y_b^2) * (y_a - y_c) - (x_a^2 + y_a^2) * (y_b - y_c) - (x_c^2 + y_c^2) * (y_a - y_c)}{2d_{ABC}}$$

$$y_0 = \frac{(x_a^2 + y_a^2) * (x_b - x_c) - (x_b^2 + y_b^2) * (x_a - x_c) - (x_c^2 + y_c^2) * (x_a - x_b)}{2d_{ABC}}$$

Площадь описанной окружности: $A_C = \pi r^2 = \pi \rho$ и можно вычислить процент занятости площади треугольника на площади своей окружности треугольника: $Z_r = \frac{A_T}{A_C} = \frac{|d_{ABC}|}{2\pi\rho}$.

Проверит точку D не находится в окружности с центром O по: $d(O, D) > \rho + \rho\delta$. Тогда треугольник ABC является доступным не-триангуляции Делоне, для хранения данных треугольники ABC мы используем 3 параметров:

$$\Delta_{i \rightarrow n}^K = \{\rho_i^K, Z_{r_i}^K, \theta_{1_i}^K, \theta_{2_i}^K\}$$

$$\theta_1 = (\theta_a - \theta_b) \bmod 64$$

$$\theta_2 = (\theta_a - \theta_c) \bmod 64$$

Тогда результате данные шаблона отпечатков пальцев по не-триангуляции Делоне будет:

$$\Delta T = \begin{bmatrix} \rho_1 & Z_{r_1} & \theta_{1_1} & \theta_{2_1} \\ \rho_2 & Z_{r_2} & \theta_{1_2} & \theta_{2_2} \\ \rho_3 & Z_{r_3} & \theta_{1_3} & \theta_{2_3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_n & Z_{r_n} & \theta_{1_n} & \theta_{2_n} \end{bmatrix}$$

На рис. 5 представлен математический модель для процесса данные шаблона отпечатков пальцев по не-триангуляции Делоне.

При электронной обработке отпечатка пальца с использованием нечёткой триангуляции Делоне мы получаем серьезное уменьшение размеров шаблона отпечатков пальцев. Шаблон имеет 60 особых точек (около 180 байтов) можем определить 80 треугольников по нечёткой триангуляции Делоне (около 420 байтов).

Заключение

В статье рассмотрены преимущества использования отпечатков пальцев в системе идентификации личности. Изучены характеристики отпечатков пальцев на основе их классификации и представлены шаги распознавания. При использовании триангуляции

Делоне для анализа отпечатков пальцев, позволяет произвести фильтрацию множества вершин и сократить список особых точек. На основе анализа отпечатков пальцев с использованием триангуляции Делоне представлен процесс вычислений данных шаблона отпечатков пальцев по не-триангуляции Делоне. Полученное решение, обеспечивает низкий размер данных шаблонов и подходит для хранения на устройстве носителя системы идентификации (смарт-карты – UBS-ключей).

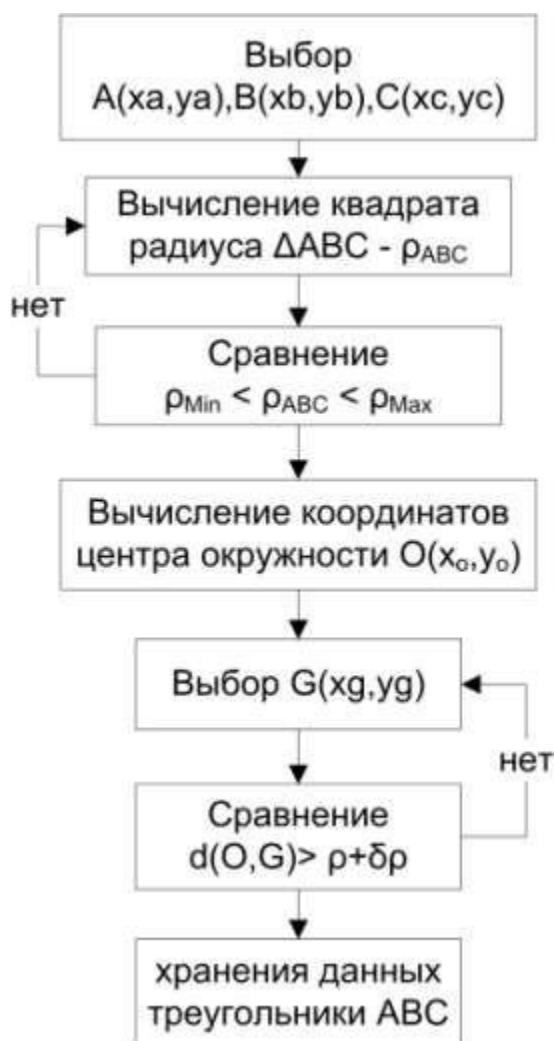


Рис. 5. Алгоритм вычислений параметров нечеткой триангуляции Делоне

Список литературы

1. Технология биометрической аутентификации Precise BioMatch. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: www.mogers.ru.
2. Кухарев Г.А. Биометрические системы: Методы и средства идентификации личности человека. СПб.: Политехника. – 2001. – 240 с.
3. Задорожный В.Г. Идентификация по отпечаткам пальцев, Часть 1, 2004, 400 с.

4. Фам Зуй Тхай, Ткаченко В. М. Повышение надёжности идентификации личности с использованием смарт-карты по отпечаткам пальцев во Вьетнамской социалистической республике, «Динамика сложных систем XXI век» №3 т.8, 2014 г. Радиотехника. С 74-79.
5. Фам Зуй Тхай, Ткаченко В. М. Применение нечеткой триангуляции Делоне для задачи распознавания человека по отпечатку пальцев, «Нейрокомпьютеры: разработка, применение» №3, 2014 г. Радиотехника. С 56-62.
6. Hong, L.: Automatic Personal Identification Using Fingerprints, Michigan State University, Department of Computer Science, 1998.
7. Griffin P. Topics for multi-biometric research // MMUA. – 2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mmuaxs.ucsb.edu/>, свободный (дата обращения: 20.01.2012).