

УДК 004.056

Я.Н. ИмамвердиевИнститут информационных технологий НАН Азербайджана, г. Баку
AZ 1141, ул. Ф. Агаева, 9, г. Баку, Азербайджан, yadigar@lan.ab.az

Метод обнаружения искусственного изменения папиллярных узоров отпечатков пальцев на основе когерентности поля ориентаций

Y.I. ImamverdiyevInstitute of Information Technologies of NAS of Azerbaijan, Baku
AZ 1141, Ageeva st 9, c. Baku, Azerbaijan

Altered Fingerprint Detection Method Based on Orientation Field Coherence Models

Я.Н. ИмамвердиевИнститут информационных технологий НАН Азербайджану, м. Баку
AZ 1141, вул. Ф. Агаева, 9, м. Баку, Азербайджан

Метод выявления штучної зміни папілярних візерунків відбитків пальців на основі когерентного поля орієнтацій

Одной из актуальных проблем, связанных с безопасностью биометрических технологий, является обнаружение фальшивых и подвергшихся искусственному изменению папиллярных узоров (ИИПУ) отпечатков пальцев. Разработан эффективный метод обнаружения ИИПУ отпечатков пальцев на основе модифицированной модели когерентности поля ориентаций. Результаты экспериментов показывают, что метод хорошо выявляет изображения ИИПУ отпечатков пальцев. Предложенный метод не требует дополнительной обработки и использует результаты вычислений в традиционных блоках существующих систем распознавания отпечатков пальцев.

Ключевые слова: искусственное изменение папиллярных узоров отпечатков пальцев, когерентность поля ориентаций, обнаружение ИИПУ отпечатков пальцев, машина опорных векторов.

Widespread use of biometric technologies determines various problems related to their security. One of the important problems is detection of forged and altered fingerprints. An efficient method for altered fingerprints detection on the basis of the modified model of the orientation field coherence is discovered. The results of experiments show that the method detects altered fingerprints well. The proposed method does not require additional processing resources and it uses the results of the traditional blocks of existing fingerprint recognition systems.

Key words: artificial modified papillary patterns of fingerprints, artificial modified papillary patterns of fingerprints detection, orientation field coherence, support vector machine.

Широке застосування біометричних технологій виявляє різні проблеми, пов'язані з їх безпекою. Однією з актуальних проблем є виявлення фальшивих і таких, що зазнали штучних змін, папілярних візерунків відбитків пальців. Розроблено ефективний метод виявлення штучної зміни папілярних візерунків відбитків пальців на основі модифікованої моделі когерентності поля орієнтацій. Результати експериментів показують, що метод добре виявляє зображення штучної зміни папілярних візерунків відбитків пальців. Запропонований метод не вимагає додаткової обробки і використовує результати обчислень в традиційних блоках існуючих систем розпізнавання відбитків пальців.

Ключові слова: штучна зміна папілярних візерунків відбитків пальців, когерентність поля орієнтацій, виявлення штучної зміни папілярних візерунків відбитків пальців, машина опорних векторів.

Введение

В связи с широким применением биометрических технологий различные вопросы их безопасности становятся темой многих исследований, включая методы обнаружения поддельных биометрических образцов и методы защиты биометрических данных. Но анализ показывает, что некоторые вопросы остаются без должного внимания, например, вопросы обнаружения искусственного изменения папиллярных узоров (ИИПУ) отпечатков пальцев рассматривались в научной литературе впервые только в 2009 году [1]. Умышленное изменение папиллярных узоров отпечатков пальцев осуществляется с целью маскировки личности. ИИПУ отпечатков пальцев неоднократно встречалось на практике миграционных и правоохранительных органов, о таких случаях сообщалось в прессе неоднократно [1], [2].

Следует отметить, для подделывания отпечатков пальцев используются также муляжи отпечатков пальцев, часто их называют фальшивыми отпечатками пальцев. Способы изготовления и цели применения фальшивых отпечатков пальцев отличаются от ИИПУ отпечатков пальцев. Фальшивые отпечатки пальцев, изготовленные из желатина, латекса, силикона и т.д., обычно используются с целью выдачи себя за другую личность. Подвергшиеся ИИПУ отпечатки пальцев являются реальными отпечатками и используются для маскировки собственной личности с целью уклонения от идентификации со стороны биометрической системы.

Методы обнаружения ИИПУ отпечатков пальцев пока широко не изучались [1-4], а для обнаружения фальшивых отпечатков пальцев существуют различные методы на основе программного [5] или аппаратного обеспечения, в работе [6] приводится обзор этих методов. Программное обеспечение по оценке качества изображения отпечатков пальцев (например, NFIQ [7]) не всегда может обнаружить ИИПУ отпечатков, так как качество изображений отпечатков при этом может не измениться.

Проблемы использования поддельных биометрических идентификаторов актуальны и для других видов биометрических технологий. Например, установлено, что пластические операции могут значительно деградировать производительность систем распознавания лиц [8], операции катаракты могут уменьшить точность систем распознавания радужной оболочки глаза [9].

Распознавание отпечатков пальцев является самой распространенной биометрической технологией, системы автоматического распознавания отпечатков пальцев (Automated Fingerprint Identification System, AFIS) занимают почти половину международного рынка биометрических систем [10]. Эти системы базируются на предположениях, что отпечатки пальцев уникальны и не изменяются на протяжении всей жизни взрослого человека. Использование ИИПУ отпечатков пальцев подрывает эти предположения и представляет угрозу надежности и безопасности AFIS. Кроме того, в сравнении с радужной оболочкой глаза или лицом, где требуются хирургические операции, подделывание отпечатков пальцев является сравнительно более простой задачей, например, можно использовать абразивные или химические материалы.

Учитывая вышеприведенное, **целью настоящей работы** является разработка метода обнаружения ИИПУ отпечатков пальцев на основе характеристик поля ориентаций папиллярных линий. В результате изменения нарушается гребневая структура отпечатков пальцев – образуются шрамы различной ширины и длины, области сильного разрушения папиллярных узоров, разрывные изменения папиллярных линий и т.д. В результате этого в поле ориентаций отпечатков пальцев появляются различные неоднородности и аномалии. Когерентность поля ориентаций описывает локальное согласование между ориентациями гребневой структуры отпечатков пальцев. Поэтому можно предположить, что когерентность поля ориентаций будет информативна для обнаружения ИИПУ отпечатков пальцев.

Обзор работ по обнаружению ИИПУ отпечатков пальцев

В работе [2] подвергшиеся ИИПУ отпечатки пальцев разделены на три класса на основе изменений гребневого узора: стертые отпечатки пальцев, искаженные отпечатки пальцев и имитированные отпечатки пальцев.

Самым популярным методом изменения отпечатков пальцев является стирание узоров отпечатков с помощью трения, выжигания, резания, применения химикатов и трансплантации гладкой кожи. Кожные болезни (проказа) и побочные эффекты лекарств против рака могут также стирать отпечатки пальцев. Гребневая структура узоров едва видна в стертой области.



Рисунок 1 – Образцы ИИПУ отпечатков пальцев: (a) шрам (b) трансплантация с помощью Z-вырезки (c) удаление части кожи

Искаженные отпечатки пальцев получают удалением части кожи на пальце и заменой ее кожей из ладони или подошвы, или пересадкой ее в другом положении (рис.1 b). Искаженные отпечатки пальцев имеют необычные образы гребня, которые не встречаются в реальных отпечатках пальцев. Эти особенности включают аномальное пространственное распределение сингулярных точек (точки дельта и ядро) или резкие изменения поля ориентаций вдоль шрамов. Заметим, что разрывы поля ориентаций в реальных отпечатках наблюдаются только в сингулярных точках.

Гребневой узор может сохранить свою похожесть на узор отпечатков пальцев после искусно сделанной процедуры изменения отпечатков. Например, часть кожи удаляется, и остальные части натягиваются и зашиваются вместе (рис. 1 c), или трансплантируется весь отпечаток пальца. Гребневая кожа из других частей используется для заполнения удаленной кожи на пальце с сохранением согласованности узоров (рис. 1 b).

Имитированные отпечатки пальцев не только успешно проходят проверки программного обеспечения по оценке качества изображения отпечатков пальцев, они могут спутывать даже экспертов по отпечаткам пальцев. ИИПУ отпечатка пальца на (рис. 1 c) получилось в результате изысканной хирургической процедуры, и имеет очень гладкое поле ориентаций и единственным свидетельством возможного изменения является тонкий шрам.

Предложенный в [2], [3] метод автоматического обнаружения ИИПУ отпечатков использует два признака. Первый признак основан на анализе поля ориентаций отпечатков пальцев. Отпечатки пальцев хорошего качества имеют гладкое поле ориентаций, кроме окрестностей сингулярных точек. Основываясь на этом факте, были разработаны многочисленные модели поля ориентаций отпечатков пальцев [11], [12], которые комбинируют модель глобального поля ориентаций для непрерывного поля и локаль-

ного поля ориентаций в окрестностях сингулярных точек. Если для аппроксимации поля ориентаций использовать только глобальную модель, то разность между наблюдаемым полем ориентаций и вычисленным по глобальной модели будет отлична от нуля только вокруг сингулярных точек.

Для ИИПУ отпечатков пальцев ошибка подгонки модели также наблюдается в измененных областях, поэтому разность между полем ориентаций, полученным от изображения пальца, и полем, аппроксимированным глобальной моделью, можно использовать как вектор признаков для классификации отпечатков пальцев, как оригинальный или подвергшийся ИИПУ.

Второй вектор признаков основан на наблюдении, что распределение минуций в измененных отпечатках пальцев часто отличается от распределения в реальных отпечатках.

В работе [4] для обнаружения ИИПУ отпечатков пальцев предлагается метод на основе надежности поля ориентаций. Карта надежности поля ориентаций отпечатков пальцев имеет пики в сингулярных точках. Эти пики используются для анализа ИИПУ отпечатков, так как в результате изменения появляются другие сингулярные точки – пики с малой амплитудой.

Предложенные в работах [1-3] методы основываются на нахождении сингулярных точек, но эта задача сама является достаточно сложной, а отпечатки пальцев дугового типа не имеют сингулярных точек. Кроме того, в отпечатках пальцев, полученных от некоторых сканеров, могут отсутствовать точки дельта из-за малой площади сенсора. Метод, предложенный в работе [4], также опирается на локализацию сингулярных точек.

Поле ориентаций и меры когерентности

Оценка поля ориентаций папиллярных линий является важным шагом при обработке отпечатков пальцев в системах автоматического распознавания. Был предложен ряд методов оценки поля ориентаций для изображения отпечатка пальца [10]. Распространенные методы оценки поля ориентаций отпечатков пальцев основываются на градиентном подходе. Для пикселя (i, j) локальная ориентация θ_{ij} определяется ориентацией гребневой структуры в точке (i, j) . Так как локальная структура гребней не имеет направление, θ_{ij} лежит в интервале $[0, \pi]$. В заданной точке локальная ориентация ортогональна градиенту. Направление градиента в пикселе (i, j) показывает направление наибольшего изменения уровня интенсивности в этой точке. Локальную ориентацию невозможно оценивать простым осреднением градиентов в локальном соседстве (i, j) , так как противоположные градиенты погашают друг друга. Простое и изящное решение этой проблемы – удвоение углов градиентов было предложено в [13]. При удвоении углов противоположные градиенты имеют одинаковые направления.

Пусть полутоновое изображение отпечатков пальцев размера $M \times N$ разбито на непересекающиеся блоки размера $W \times W$, $I(i, j)$ – интенсивность в пикселе (i, j) . Для отпечатков пальцев средняя ширина гребней и впадин равна 5 – 7 пикселей, поэтому $W = 17$ дает хорошую оценку ориентаций.

Для каждого пикселя в блоке вычисляется горизонтальный градиент G_x и вертикальный градиент G_y , используется простой градиентный оператор Собеля. Доминантная ориентация θ_{ij} в центре (x_i, y_j) блока размера 17×17 вычисляется на основе оценок градиентов G_x и G_y следующими формулами:

$$\begin{aligned}
 G_{xy} &= \sum_{h=-8}^8 \sum_{k=-8}^8 G_x(x_i + h, y_j + k) \cdot G_y(x_i + h, y_j + k), \\
 G_{xx} &= \sum_{h=-8}^8 \sum_{k=-8}^8 G_x(x_i + h, y_j + k)^2, \\
 G_{yy} &= \sum_{h=-8}^8 \sum_{k=-8}^8 G_y(x_i + h, y_j + k)^2, \\
 \phi &= \frac{1}{2} f(2G_{xy} / (G_{xx} - G_{yy})),
 \end{aligned} \tag{1}$$

где функция f определяется так:

$$f(x, y) = \begin{cases} \arctan(x/y), & \text{if } y \geq 0 \\ \arctan(x/y) + \pi, & \text{if } y < 0 \text{ and } x \geq 0 \\ \arctan(x/y) - \pi, & \text{if } y < 0 \text{ and } x < 0 \end{cases} \tag{2}$$

Локальная ориентация θ_{ij} , перпендикулярная к ϕ , вычисляется так:

$$\theta_{ij} = \begin{cases} \phi + \frac{\pi}{2}, & \text{if } \phi \leq 0 \\ \phi - \frac{\pi}{2}, & \text{if } \phi > 0 \end{cases} \tag{3}$$

Основным недостатком градиентного подхода является его неустойчивость в областях, где градиенты близки к нулю (вершина гребней), в этих областях значения обоих компонентов градиента малы, и это подразумевает высокую чувствительность к шуму. Блочная обработка также связана с ложными артефактами, вызываемыми разрывами ориентаций на границах блоков. Это особенно проблематично в областях высокой кривизны вокруг сингулярных точек, которые имеют больше одной доминантной ориентации.

Для измерения надежности оценки ориентаций в [14] введена метрика, называемая когерентностью, которая описывает «силу» между направлениями градиентов. Для вычисления когерентности в изображениях используется метод структурного тензора [14]. В литературе встречаются различные реализации этого подхода [15-17]. В предложенной работе используется метод, основанный на проекции градиентных векторов к локальной доминантной ориентации в заданном соседстве и нормализации проекций. Если эти векторы когерентны, то их нормализованные проекции должны быть близки к единице, в противном случае результаты будут близки к нулю.

Пусть $\theta(x, y)$ обозначает оценку угла ориентации в точке (x, y) , а $G(x, y)$ – градиент в этой точке. Мера когерентности в точке (x_0, y_0) внутри окна размера W вокруг точки (x_0, y_0) вычисляется, используя проекцию градиента $G(x_i, y_i)$ с углом $\theta(x_i, y_i)$ на единичный вектор с углом $\theta(x_0, y_0)$ согласно следующей формуле:

$$coh = G(x_i, y_i) \cos(\theta(x_0, y_0) - \theta(x_i, y_i)). \tag{4}$$

Вычисляется сумма абсолютных значений проекций для всех точек (x_i, y_i) внутри окна W .

На рис. 2 показаны образцы полей ориентаций и карта когерентности ИИПУ отпечатка пальца, ориентация в точке представлена линией, угол наклона которой соответствует доминантной локальной ориентации, а длина пропорциональна значению когерентности.

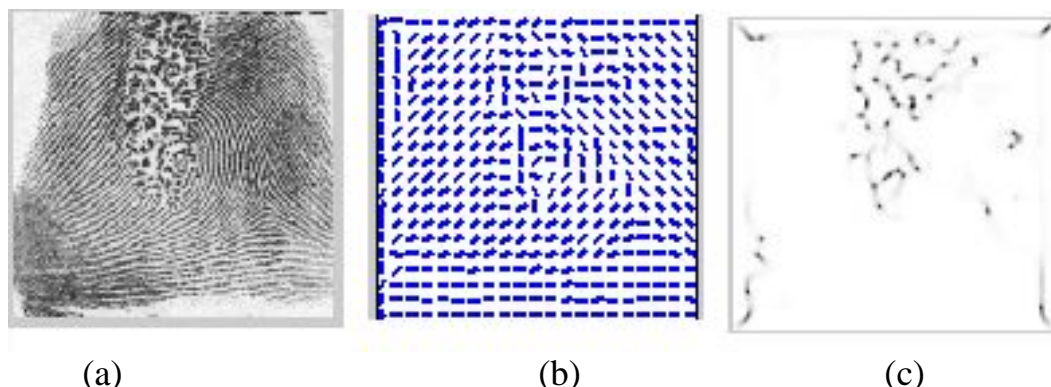


Рисунок 2 – Поле ориентаций и когерентность: (a) ИИПУ отпечатка пальца (b) поле ориентаций (c) карта когерентности

Метод обнаружения ИИПУ отпечатков пальцев на основе когерентности ориентаций

В этом разделе описывается метод обнаружения ИИПУ отпечатков пальцев на основе модели когерентности поля ориентаций. Предлагаемый метод состоит из следующих шагов (рис. 3).

1. Входное изображение отпечатка пальца I подвергается предварительной обработке, состоящей из этапов нормализации и бинаризации. Используются соответствующие методы из [10], [18].

2. Вычисляется поле ориентаций отпечатка пальца.

3. Вычисляется карта когерентности поля ориентаций отпечатка пальца и на его основе строится вектор признаков локальной когерентности.

4. Вычисляется карта когерентности ориентаций блоков и на его основе строится вектор признаков когерентности блоков.

5. Вычисленные векторы признаков объединяются, и для классификации полученного вектора признаков используется метод опорных векторов (Support Vector Machine, SVM) [19].

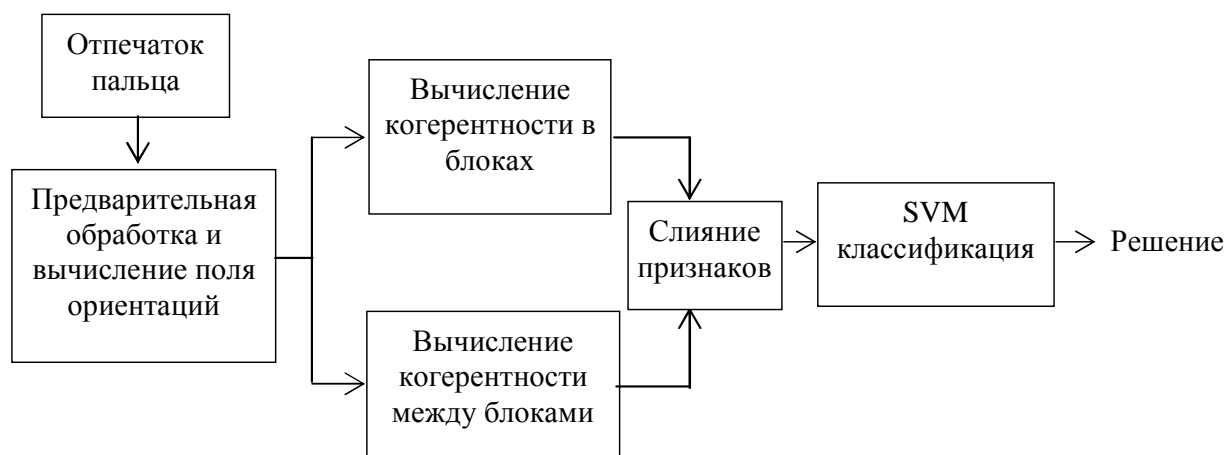


Рисунок 3 – Общая схема предложенного метода

Для вычисления когерентности поля ориентаций изображений отпечатков пальцев предлагается модификация формулы (4), усредняя меру когерентности по величине градиента в этой точке:

$$coh = G(x_0, y_0) \cdot \frac{\sum_{i \in W} G(x_i, y_i) \cos(\theta(x_0, y_0) - \theta(x_i, y_i))}{\sum_{i \in W} G(x_i, y_i)} \quad (5)$$

Умножение на величину градиента дает более высокие значения когерентности в точках, имеющих более высокие значения контрастности. Эта мера когерентности принимает малые значения в областях, где текстура более однородна, этим путем текстурные края воспроизводятся более ясно. Вариация этой меры высока в точках, лежащих между областями с разной текстурной структурой.

Вектор признаков на основе карты когерентности состоит из гистограмм локальных пространственных областей [20]. Карта когерентности разбивается на 3×3 ячейки, где размер каждой ячейки 20×20 блоков. Гистограмма карты когерентности в каждой ячейке вычисляется в 21 корзинах в диапазоне $[0, 1]$ и гистограммы всех 9 ячеек составляют 189-мерный вектор признаков.

Наряду с оценкой когерентности ориентаций в блоках, информативной будет также оценка когерентности ориентаций в локальном соседстве блоков. Для такой оценки предлагается использовать скользящее 3×3 локальное соседство блоков.

Для оценки когерентности ориентаций между блоками предлагается использовать следующую меру:

$$C(x_0, y_0) = \frac{\sum_{(i,j) \in W} |\cos(\theta(x_0, y_0) - \theta(x_i, y_j))|}{9} \quad (6)$$

Эта мера более робастна к ошибкам оценки градиентов и ориентаций. Если направление центрального блока близко направлению каждого из его соседей, то когерентность будет высокой. Вектор признаков на основе карты когерентности между блоками строится также на основе гистограмм локальных пространственных областей по вышеприведенной схеме для карты когерентности блоков, в результате также получается 189-мерный вектор признаков.

SVM входит в число наиболее часто используемых методов классификации, в отличие от нейронных сетей SVM лучше подходит для работы с большим признаковым пространством. SVM был предложен для задач бинарной классификации, его можно использовать и для задач мультиклассификации. SVM использует линейное разделение объектов в пространстве признаков с помощью гиперплоскости. Разделяющая плоскость выбирается таким образом, чтобы расстояние между ближайшими точками, принадлежащими разным классам, было максимальным.

В случае линейной неразделимости обучающей выборки, посредством специальных нелинейных преобразований – ядерных функций, элементы обучающей выборки отображаются в новое пространство более высокой размерности. При этом ядерные функции выбираются таким образом, чтобы в новом пространстве обучающая выборка была линейно разделима. В качестве ядерной функции часто используется Гауссова радиальная базисная функция (Radial Basis Function, RBF) $K(x, x') = \exp(-\gamma \|x - x'\|^2)$, где γ – настраиваемый параметр.

Результаты вычислительных экспериментов

Отметим, что отсутствие доступных открытых баз данных по ИИПУ отпечатков пальцев ставит в трудное положение исследователей в этой области. Эксперименты в работах [1] были проведены на наборе синтетически созданных ИИПУ отпечатков пальцев. В работе [2] использована база данных по ИИПУ отпечатков пальцев, но пока эта база данных не доступна для широкого круга исследователей.

Для экспериментальной проверки предложенного метода был создан набор синтетических отпечатков пальцев на основе изображений отпечатков пальцев размером 640×480 из базы данных FVC2002-DB1, полученных на оптическом сканере при разрешении 500 dpi.

Были имитированы два типа изменений [1,4]:

1. Z-вырезка (получается вырезанием в форме Z, пересоединением двух треугольников и зашиванием их обратно).

2. Центральное вращение (получается вырезанием круглой области в центре изображения и ее вращением).

Для SVM-классификации с 10-кратной перекрестной проверкой (cross validation) была использована библиотека LIBSVM [21]. По рекомендациям разработчиков LibSVM в качестве ядерной функции мы использовали радиальную базисную функцию. Результаты LIBSVM были линейно масштабированы к интервалу $[0, 1]$. Когда нормализованное значение для входного отпечатка пальца меньше предопределенного порогового значения, то выдается предупреждение о том, что возможно изображение является измененным отпечатком.

Результаты вычислительных экспериментов для разных значений приведены в табл. 1. Для оценки качества классификации в таблице приведены значения частоты истинно положительных классификаций (True Positive Rate) при заданной частоте ложно положительных классификаций (False Positive Rate) [22].

Таблица 1 – Частота истинно положительных классификаций ИИПУ отпечатков пальцев

Метод вычисления вектора признаков	Частота ложно положительных классификаций						
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	2	3
Когерентность ориентаций в блоке	31	34	36	43	55	60	72
Когерентность ориентаций блоков	23	28	32	37	44	53	65
Слияние векторов признаков	44	52	57	64	70	75	84

Заключение

С широким применением систем распознавания отпечатков пальцев одной из актуальных проблем является обеспечение их надежной работы – обнаружение фальшивых и подвергшихся ИИПУ отпечатков пальцев в реальном режиме. В этой работе предложен эффективный метод обнаружения ИИПУ отпечатков пальцев на основе модифицированной модели когерентности поля ориентаций. Предложенные векторы признаков обладают высокой разрешающей способностью при выявлении ИИПУ отпечатков пальцев, для классификации применяется SVM-классификатор с

радиальной базисной функцией ядра. Предложенный метод не требует дополнительных вычислений и использует результаты традиционных блоков обработки систем распознавания отпечатков пальцев; и результаты экспериментов подтверждают высокую эффективность предложенного метода.

Литература

1. Feng J. Fingerprint alteration / J. Feng, A.K. Jain, and A. Ross // MSU Technical Report, MSU-CSE-09-30. – Dec. 2009.
2. Yoon S. Altered fingerprints: analysis and detection / S. Yoon, J. Feng, A.K. Jain // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2011.
3. Feng J. Detecting Altered Fingerprints / J. Feng, A.K. Jain, A. Ross // Proc. 20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), (August 23 – 26, 2010, Istanbul, Turkey). – P. 1622-1625.
4. Petrovici A. Identifying Fingerprint Alteration Using the Reliability Map of the Orientation Field / A. Petrovici, C. Lazar // The Annals of the Univeristy of Craiova, Series Automation, Computers, Electronics and Mecha-tronics. – 2010. – Vol. 7 (34), № 1. – P. 45-52.
5. Imamverdiyev Y.N. Method of detection of real fingerprints on the basis of the Radon transform / Y.N. Imam-verdiyev, L.E. Kerimova, V.Y. Musayev // Automatic Control and Computer Sciences. – 2009. – Vol. 43, № 5. – P. 270-275.
6. Алгулиев Р.М. Методы обнаружения живучести в биометрических системах / Р.М. Алгулиев, Я.Н. Имам-вердиев, В.Я. Мусаев // Вопросы защиты информации. – 2009. – № 3 (86). – С. 16-21.
7. Tabassi E. Fingerprint Image Quality, NISTIR 7151 [Электронный ресурс] / E. Tabassi, C. Wilson, C. Watson. – August 2004. – Режим доступа : <http://fingerprint.nist.gov/NFIS/ir/7151.pdf>.
8. Plastic Surgery: A New Dimension to Face Recognition / R. Singh, M. Vatsa, H.S. Bhatt [et al.] // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. – 2010. – Vol. 5, № 3. – P. 441-448.
9. Iris Recognition As a Biometric Method after Cataract Surgery / R. Roizenblatt, P. Schor, F. Dante [et al.] // American Journal of Ophthalmology. – 2005. – Vol. 140, № 5. – P. 969-969.
10. Handbook of Fingerprint Recognition (Second Edition) / [Maltoni D., Maio D., Jain A.K., Prabhakar S.]. – Springer-Verlag, 2009.
11. Zhou J. A Model-Based Method for the Computation of Fingerprints' Orientation Field / J. Zhou, J. Gu // IEEE Trans. Image Processing. – 2004. – Vol. 13, № 6. – P. 821-835.
12. Wang Y. Global Ridge Orientation Modeling for Partial Fingerprint Identification / Y. Wang, J. Hu // IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2010. – Vol. 33, № 1. – P. 72-87.
13. Kass M. Analyzing oriented patterns / M. Kass, A.P. Witkin // Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1987. – Vol. 37, № 3. – P.362-385.
14. Rao A.R. A taxonomy for texture description and identification / Rao A.R. – New York : Springer-Verlag, 1990. – 197 p.
15. Bazen A.M. Systematic Methods for the Computation of the Directional Fields and Singular Points of Fingerprints / A.M. Bazen, S.H. Gerez // IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2002. – Vol. 24, № 7. – P. 905-919.
16. Fingerprint Classification by Directional Image Partitioning / R. Cappelli, A. Lumini, D. Maio, D. Maltoni // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1999. – Vol. 21. – P.402-421.
17. Singular Points Detection using Fingerprint Orientation Field Reliability / M.S. Khalil, D. Muhammad, M.K. Khan, K. Alghathbar // International Journal of Physical Sciences. – 2010. – Vol. 5, № 4. – P. 352-357.
18. Hong L. Fingerprint image enhancement: algorithm and performance evaluation / L. Hong, Y. Wan, A. Jain // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1998. – Vol. 20, № 8. – P. 777-789.
19. Vapnik V.N. The nature of statistical learning theory / Vapnik V.N. – New York : Springer-Verlag, 1995. – 338 p.
20. Dalal N. Histograms of Oriented Gradients for Human Detection / N. Dalal, B. Triggs // Proc. Computer Vision and Pattern Recognition. – 2005. – P. 886-893.
21. Chang C.-C. LIBSVM: a library for support vector machines [Электронный ресурс] / C.-C. Chang, C.-J. Lin. – 2001. – Режим доступа : <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>.
22. Fawcett T. An introduction to ROC analysis / T. Fawcett // Pattern Recognition Letters. – 2006. – Vol. 27, № 8. – P. 861-874.

Literatura

1. Feng J., Jain A. K., and Ross A. Fingerprint alteration. MSU Technical Report. MSU-CSE-09-30. Dec. 2009.
2. Yoon S., Feng J., and Jain A.K., Altered fingerprints: analysis and detection. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2011.
3. Feng J., Jain A.K., and Ross A. Proc. 20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR). August 23-26. 2010. Istanbul. Turkey. P. 1622-1625.
4. Petrovici A., and Lazar C. The Annals of the Univeristy of Craiova, Series Automation, Computers, Electronics and Mechatronics. Vol. 7 (34). No. 1. 2010. P. 45-52.
5. Imamverdiyev Y.N., Kerimova L.E., and Musayev V.Y. Automatic Control and Computer Sciences. 2009. Vol. 43. No. 5. P. 270-275.
6. Alguliev R.M., Imamverdiev Ja.N., Musaev V.Ja. Voprosy zashhity informacii. 2009. № 3 (86). P. 16-21.
7. Tabassi E., Wilson C., and Watson C. Fingerprint Image Quality. NISTIR 7151. August 2004. http://fingerprint.nist.gov/NFIS/ir_7151.pdf.
8. Singh R., Vatsa M., Bhatt H.S., Bharadwaj S., Noore A., and Nooreyzdan S.S. IEEE Transactions on Information Forensics and Security. 2010. Vol. 5. No. 3. P. 441-448.
9. Roizenblatt R., Schor P., Dante F., Roizenblatt J., and Belfort R. American Journal of Ophthalmology. 2005. Vol. 140. No. 5. P. 969-969.
10. Maltoni D., Maio D., Jain A.K., and Prabhakar S. Handbook of Fingerprint Recognition (Second Edition). Springer-Verlag. 2009.
11. Zhou J., and Gu J. IEEE Trans. Image Processing. 2004. Vol. 13. No. 6, P. 821-835.
12. Wang Y., and Hu J. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2010. Vol. 33. No.1. P. 72-87
13. Kass M., and Witkin A.P. Computer Vision, Graphics, and Image Processing. 1987. Vol.37. No.3. P. 362-385.
14. Rao A.R., A taxonomy for texture description and identification. New York: Springer-Verlag. 1990. 197 p
15. Bazen A.M., and Gerez S.H. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2002. Vol. 24. No. 7. P. 905-919.
16. Cappelli R., Lumini A., Maio D., and Maltoni D. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. 21. 1999. P. 402-421.
17. Khalil M.S., Muhammad D., Khan M.K., Alghathbar K. International Journal of Physical Sciences. 2010. Vol. 5. No.4. P. 352-357.
18. Hong L., Wan Y., and Jain A. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1998. Vol. 20. No. 8. P. 777-789.
19. Vapnik V.N., The nature of statistical learning theory. New York: Springer-Verlag. 1995. 338 p.
20. Dalal N., and Triggs B. Proc. Computer Vision and Pattern Recognition. 2005. P. 886-893.
21. Chang C.-C., and Lin C.-J., LIBSVM: a library for support vector machines, 2001. <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>.
22. Fawcett T. Pattern Recognition Letters. 2006. V. 27. № 8. P. 861-874.

Y.N. Imamverdiyev

An Altered Fingerprint Detection Method Based on Orientation Field Coherence Models

With the widespread use of biometric technologies various problems related to their security are discovered. One of the important problems is the detection of forged and altered fingerprints. Altered fingerprints mean the intentional modification of papillary patterns of fingerprints in order to disguise identity of the individuals. The altered fingerprints are often met in practice of immigration and law enforcement agencies. Altered fingerprint detection methods have not been studied extensively, they were considered in the literature for the first time only in 2009.

As the result of alteration the ridge structure of fingerprint is broken, i.e. scars of varying width and length are formed, destruction of papillary patterns and discontinuous changes in the

papillary lines appears. Heterogeneity and various anomalies appear in the orientation field of the altered fingerprints. The orientation field coherence describes local “consistency” between the orientations of the fingerprint ridge structure. We can therefore assume that the orientation field coherence will be informative for the altered fingerprint detection.

In this paper two feature vectors for the altered fingerprint detection are proposed. Fingerprint image is divided into non-overlapped blocks. A model for orientation field coherence estimation in blocks is proposed based on the projection of the gradient vector to the local dominant orientation in a given neighborhood, and the normalization of projections. If these vectors are coherent, normalized projections should be close to 1 (genuine fingerprints), otherwise the results would be close to 0 (altered fingerprints). Feature vector based on the coherence map is constructed from the histograms of the local spatial domains. Along with the estimation of orientation field coherence in blocks for altered fingerprint detection, a model is proposed for estimation of the coherence of orientations in the local neighborhood of blocks. If the orientation of the central block is close to the orientation of each of its neighbors, then the coherence will be high (genuine fingerprints).

The results of the experiments show that altered fingerprint detection method based on the model of orientation field coherence detects altered fingerprints well. The proposed method does not require additional processing resources and uses results of the traditional processing blocks of existing fingerprint recognition systems.

Статья поступила в редакцию 19.12.2011.