

Г. З. ЗИЯТБЕКОВА^{1,2*}, М. А. ШАЙХЫР

¹*Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК,
Алматы, Казахстан*

²*Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ И АУТЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ: ОТПЕЧАТКА ПАЛЬЦЕВ

В данной работе представлен эффективный алгоритм проверки отпечатков пальцев, который повышает точность сопоставления. Рассматриваются алгоритмы обработки изображений для биометрических технологий идентификации и аутентификации личности по отпечаткам пальцев. Они являются основными инструментами по улучшению результатов деятельности в самых различных отраслях. Система распознавания предназначена для хранения данных, дальнейшей ее обработки, идентификации и отображения снимков отпечатков пальцев. В криминалистике применяются современные алгоритмы обработки изображений, что дает значительное улучшение результатов работы. Изображения отпечатков пальцев ухудшаются и повреждаются из-за изменений в состоянии кожи и оттиска. Таким образом, методы улучшения изображения используются до обнаружения особых точек и извлечения мельчайших деталей. Шаблоны создаются на основе извлечения вектора признаков и создаются базы данных для верификации и идентификации изображений отпечатков пальцев. Проведена методика экспериментальных исследований, рассмотрен процесс обработки результатов идентификации. Для решения данной проблемы была предложена система распознавания, которая предназначена для хранения данных, дальнейшей ее обработки, идентификации и отображении снимков отпечатков пальцев. Она используется в местах строгой секретности как своего рода паролевый ключ доступа, основанный на сканировании и сверки отпечатков пальцев с базой данных FVC2002. Полученные результаты показывают, что предложенный алгоритм является более эффективным и надежным.

Ключевые слова: *биометрические системы, Евклидово расстояние, база данных FVC2002, идентификационные признаки, алгоритм распознавания отпечатков пальцев, сопоставление личности.*

Введение. Отпечатки пальцев являются наиболее широко распространенной формой биометрической идентификации. Нет двух людей с одинаковыми отпечатками пальцев, так как они имеют уникальные биометрические идентификаторы. Развитие биометрических технологий идентификации и аутентификации личности обусловлено увеличением информации, которую необходимо защищать от несанкционированного доступа.

Идентификация и аутентификация личности по ее биометрическим параметрам имеет несомненное превосходство по сравнению с традиционными технологиями. Биометрические характеристики в отличие от бумажных идентификаторов (удостоверение, водительские права) не могут быть подделаны и изменены. Кроме того, биометрические системы ликвидируют потребность генерирования и запоминания паролей.

Идентификация личности по отпечатку пальца считается самой удачной биометрической технологией благодаря своей простоте применения, удобству и надеж-

* E-mail корреспондирующего автора: ziyatbekova@mail.ru

ности. Отпечаток пальца состоит из борозд и полосок, образующих сложный узор, уникальный для каждого человека, а потому обеспечивающий оптимальный метод верификации. Возможность ошибки при идентификации по отпечатку пальцев гораздо меньше в сопоставлении с другими биометрическими способами. Не считая того, устройство идентификации малогабаритно и приемлемо в ценовом отношении.

Сегодня благодаря развитию электронных технологий, идентификация по отпечатку пальца используется в судебно-медицинской экспертизе, а также в различных областях, требующих обеспечения безопасности.

В следующих направлениях:

- система контроля и управления доступом;
- информационная безопасность;
- учет рабочего времени и регистрация посетителей;
- системы голосования;
- электронные платежи;
- различные социальные проекты, требующие аутентификации.

Методы. В данной статье был использован алгоритм распознавания отпечатков пальцев на основе мелких деталей. Предлагаемый алгоритм включает в себя предварительную обработку изображения отпечатка пальца, извлечение признаков, постобработку и окончательное решение о сопоставлении.

Цель и задачи исследования. В данной работе предложена система сопоставления отпечатков пальцев, основанная на извлечении мельчайших деталей, для повышения точности биометрической системы. Первой задачей является идентификация отпечатков пальцев на основе извлечения признаков. В качестве вектора признаков создаются шаблоны базы данных отпечатков пальцев. Определяется минимальное Евклидово расстояние, и на основе определенного порога будет принято решение о совпадении с сохраненными шаблонами базы данных [1]. Предложенный алгоритм распознавания позволяет найти наилучший компромисс между радиусом окружности, точностью согласования и требованиями пространства при выборе радиуса в перцептивном представлении.

Целью данного алгоритма является сравнение двух изображений отпечатка пальца, где отпечаток пальца состоит из двух основных функций, которые называются точками, которые можно классифицировать как окончание гребня и бифуркацию.

Алгоритм распознавания отпечатков пальцев на основе мелких деталей относительно стабилен, устойчив к контрасту, разрешению изображения и глобальной деформации по сравнению с методом распознавания отпечатков пальцев на основе шаблонов [2]. Этот подход является основой существующей системы распознавания отпечатков пальцев. Идентификация отпечатков пальцев с извлечением контрольных точек в основном основана на направлении и местоположении концов гребня и бифуркаций вдоль пути гребня [3]. Это сводит сложную проблему распознавания отпечатков пальцев к проблеме сопоставления точечных шаблонов. По сути, сопоставление заключается в нахождении минимальной разницы расстояния (D_{min}) между сохраненным шаблоном и тестовыми наборами контрольных точек, имеющими мак-

симальное количество пар контрольных точек. Тестовый отпечаток соответствует, если (D_{min}) ниже установленного порога.

В ходе обширного исследования было замечено, что с каждым увеличением радиуса круга, значение входных векторов признаков или контрольных точек изображения отпечатка пальца увеличивается, а количество контрольных точек лучше для образцов изображений отпечатков пальцев, чтобы идентифицировать.

Полученные нами результаты не совершенны, есть место для дальнейших исследований.

Обсуждение. Для углубления в тему есть необходимость во всестороннем анализе исследований в данной области.

Отпечатки пальцев – это рельефные линии, называемые папиллярными узорами. Эти линии образуют сложные кожные узоры (дугообразные, петлевые, завитковые), обладающие следующими свойствами:

- индивидуальность (набор папиллярных линий, образует рисунок узора по их местоположению, конфигурации, относительного расположения, уникальная для каждого узора);
- относительная устойчивость (неизменность внешней структуры узора, которая возникает и сохраняется в процессе внутриутробного развития человека в течение всей жизни);
- восстанавливаемость (при нарушении кожного покрова, папиллярные линии восстанавливаются в прежнем виде) [4].

Кожа состоит из двух основных слоев: эпидермиса и дермы, которые находятся на жировом слое, называемым гиподерма (подкожной жировой клетчаткой). Папиллярный узор формируется к 7 месяцу внутриутробного развития. С этого времени бороздки, сформировавшиеся на поверхности пальцев, остаются неизменными в течение всей жизни человека [5].

В каждом отпечатке пальца можно определить два типа признаков – глобальные и локальные. Глобальные признаки – те, которые можно увидеть невооружённым глазом:

Область узора – выделенный фрагмент отпечатка, в котором локализованы все глобальные признаки.

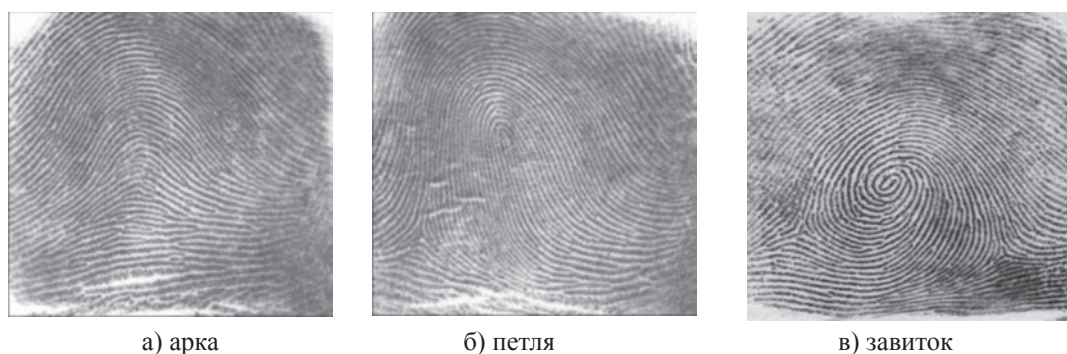
Ядро или центр – точка, локализованная в середине отпечатка или некоторой выделенной области, используется в качестве ориентира для чтения и классификации.

Пункт «дельта» – начальная точка. Место, в котором происходит разделение или соединение бороздок папиллярных линий, либо очень короткая бороздка (может доходить до точки).

Тип линии – две наибольшие линии, которые начинаются как параллельные, а затем расходятся и огибают всю область образа.

Счётчик линий – число линий на области образа, либо между ядром и пунктом «дельта».

Папиллярные узоры разделены на три типа: арки (дуги), петли и завитки [6]. Арки редко встречаются и занимают 5... 10 % всех отпечатков пальцев. Петли обнаруживаются у большинства людей (60...65 %). Завитки проявляются значительно реже – 30 % из всех отпечатков пальцев. Примеры типов папиллярных узоров арки, петли и завитка представлены на рисунке 1.



а) арка

б) петля

в) завиток

Рисунок 1 – Типы папиллярных узлов

Другой тип признаков – локальные. Их называют минуциями (особенностями или особыми точками) – уникальные для каждого отпечатка признаки, определяющие пункты изменения структуры папиллярных линий (окончание, раздвоение, разрыв и т.д.), ориентацию папиллярных линий и координаты в этих пунктах. Каждый отпечаток может содержать до 70 и более минуций. Эти точки минуции обеспечивают уникальную информацию об отпечатке пальца при идентификации личности. Примеры типов этих точек представлены на рисунке 2.



а) окончание

б) бифуркация

в) островок

Рисунок 2 – Типы точек минуции

У отпечатка пальца могут быть одинаковые глобальные признаки, но локальные признаки всегда являются уникальными.

Биометрическая система – это, по сути, система распознавания образов, которая работает, получая биометрические данные от человека, извлекая набор функций из полученных данных и сравнивая этот набор функций с шаблоном, установленным в базе данных. В зависимости от контекста приложения биометрическая система может работать либо в режиме проверки, либо в режиме идентификации.

Для сопоставления есть два этапа: этап регистрации и этап проверки. На этапе регистрации все отпечатки пальцев группы людей фиксируются, обрабатываются и сохраняются в виде шаблона, который намного меньше исходного изображения, в

базе данных для последующего использования. На этапе проверки человек дает свой отпечаток пальца для проверки личности: отпечаток пальца сравнивается с теми, что хранятся в базе данных.

Пошаговое описание алгоритма:

Шаг 1.

Введите изображение отпечатка пальца, $f(x,y)$.

Шаг 2.

Преобразование изображения $f(x,y)$ в изображение в оттенках серого, $f_g(x,y)$.

Шаг 3.

Изменение размера изображения $f_g(x,y)$ до 400 x 400, новое изображение $f_r(x,y)$.

Шаг 4.

Улучшение изображения с помощью выравнивания гистограммы и фильтра Винера для улучшения качества, ухудшенного из-за шума, такого как нечеткие области, трещины в гребне, раны и пот.

Шаг 5.

Нахождение центральной точки $f_r(x,y)$ изображения отпечатка пальца.

Шаг 6.

Выделение круга радиуса R с центральной точкой в качестве центра изображения отпечатка пальца $f_r(x,y)$, чтобы получить новое изображение $f_c(x,y)$ в интересующей области, поскольку область близка к сингулярной точка содержит правильную и эффективную информацию об отпечатке пальца.

Шаг 7.

Преобразование изображения $f_c(x,y)$ в двоичное изображение $f_b(x,y)$ с помощью пороговой обработки

Шаг 8.

Применение операции прореживания к изображению $f_b(x,y)$, чтобы получить истонченное изображение $f_i(x,y)$ Операция уменьшает ширину гребней до одного пикселя.

Шаг 9.

Извлечение контрольных точек (окончание и бифуркация) $f_i(x,y)$ с использованием концепции перекрестного числа [1]. Он эффективен в вычислительном отношении и по своей сути прост. Контрольные точки извлекаются путем сканирования локальной окрестности каждого пикселя утонченного изображения гребня с использованием окна 3x3 (таб. 1).

Таблица 1 — А) окно 3 × 3; В) окончание гребня; С) бифуркация

а	P_4	P_3	P_2	b	1	0	1	с	1	0	1
	P_5	(x,y)	P_1		1	(x,y)	1		1	(x,y)	0
	P_6	P_7	P_8		1	1	1		1	0	1

Значение перекрестного числа [1] определяется как половина суммы разностей между парами соседних пикселей P_i и P_{i+1} в восьмой окрестности.

Шаг 10.

Последующая обработка для удаления ложных мелочей, обнаруженных из-за нежелательных выступов, разрывов. Морфологическая операция [7], а именно очистка и Н-разрыв, используется на прореженном изображении $f_i(x,y)$, чтобы получить изображение $f_m(x,y)$, как описано ниже:

	0 0 0		0 0 0
До очистки	0 1 0	после	0 0 0
	0 0 0		0 0 0
	1 1 1		1 1 1
До Н-разрыва	0 1 0	после	0 0 0
	1 1 1		1 1 1

Шаг 11.

Нахождение точных деталей $f_m(x,y)$ для получения окончательного изображения $f_{final}(x,y)$ после удаления ложных деталей в случаях, если

А) расстояние между окончанием и бифуркацией меньше D;

Б) расстояние между двумя бифуркациями меньше D;

В) расстояние между двумя выводами меньше D;

«D» – это среднее расстояние между контрольными точками. Здесь D = 6.

Шаг 12.

Выполнение преобразования и сохранение коэффициентов Фурье.

Шаг 13.

Создание шаблона базы данных отпечатков пальцев.

Шаг 14.

Расчет параметра Евклидова расстояния D_{min} между сохраненным шаблоном и тестовым шаблоном отпечатка пальца.

Шаг 15.

Минимум D_{min} сравнивается с установленным порогом, чтобы получить результат, «соответствует» или «не соответствует».

Система распознавания отпечатков пальцев классифицируется как система регистрации, верификации и процесса идентификации [9]. Регистрация включает в себя захват изображения, извлечение функции, создание шаблонов и создание базы данных. Верификация аутентифицирует личность человека путем сравнения захваченных биометрических признаков с ранее зарегистрированным биометрическим эталонным шаблоном, предварительно сохраненным в системе. Он проводит сравнение один к одному. Идентификация или аутентификация распознает человека путем поиска совпадения во всей базе данных зарегистрированных шаблонов. Он проводит сравнение «один ко многим» [10].

Для моделирования мы использовали программное обеспечение MATLAB в качестве платформы моделирования. Для экспериментальных целей образцы отпечатков пальцев были взяты из конкурса Fingerprint Verification Competition (FVC2002), которые являются общедоступной базой данных отпечатков пальцев и обычно используется для эталонных экспериментов. FVC2002 состоит из четырех баз данных от-

печатков пальцев разного размера, собранных четырьмя различными датчиками или технологиями. Мы использовали первую базу данных (DB1) из-за хорошего качества и размера изображений образцов отпечатков пальцев. Разрешение изображения отпечатка пальца установлено на 500 dpi. Мы взяли для обработки образцы изображений отпечатков пальцев в серой шкале [11].

Каждое изображение отпечатка пальца имеет разные и уникальные характеристики и поэтому по-разному влияет на систему распознавания. Таким образом, для достижения хорошего количества пар мелких деталей, приводящего к максимальной точности, соответствующий радиус окружности рисуется и обрабатывается. Серии экспериментов были выполнены при различных значениях радиуса для тестовых образцов отпечатков пальцев, и шаблоны были протестированы с предварительно сохраненной базой данных шаблонов.

В наших экспериментах размер изображения образцов отпечатков пальцев выбран равным 400 x 400. Образцы были улучшены с помощью выравнивания гистограммы и фильтра Винера. После получения особой точки и выделения контрольных точек были использованы морфологические операции для удаления ложных контрольных точек для получения высокой точности.

Чтобы проверить производительность предложенного нами алгоритма распознавания отпечатков пальцев, использовались объективные измерения, такие как FAR, FRR, EER, D_{min} при EER и Assurance. Ложное принятие происходит тогда, когда совпадают два изображения с разных пальцев, а ложное отклонение происходит, когда два изображения с одного и того же пальца не совпадают [8]. При равной частоте ошибок, ошибки принятия и отклонения равны, и это используется для сравнения точности биометрической системы. EER рассчитывается с использованием графика между FAR и FRR в зависимости от порога, который находится в ожидаемом диапазоне.

Выводы. Нами был рассмотрен алгоритм сопоставления отпечатков пальцев, использующий некоторые особенности контрольных точек, а также полученное изображение отпечатка пальца рассматривается путем минимизации его размера путем создания соответствующего шаблона отпечатка пальца для большой базы данных отпечатков пальцев. Достигнутые результаты сравниваются с результатами, полученными с помощью некоторых других методов, также показывает некоторое улучшение процесса обнаружения мелких деталей с точки зрения памяти и времени.

Объективные измерения проводились при различных значениях радиуса изображений отпечатков пальцев. Результаты показывают, что качество и точность сопоставленного отпечатка пальца, улучшенные нашим предложенным алгоритмом, являются хорошими, в то время как EER изображения отпечатка пальца остается приемлемым. Кроме того, экспериментальные результаты показывают эффективность и надежность нашего алгоритма, но по-прежнему остается очень мало ложных деталей. Итак, есть возможности для разработки новых методов, которые могут полностью удалить их.

ЛИТЕРАТУРА

1 Sudiro S.A, Peindavuan M., Kusuma T.M. A simple algorithm for extracting fingerprint details using the number of intersections on a valley structure. Advanced technologies of automatic identification // IEEE Workshop. – Alghero, 2007. – Pp. 41–44. (in Russ)

2 Jain A.K., Chen Y., Demirkus M. A fingerprint recognition algorithm combining phase-based image matching and feature-based matching // ICB: Advances in Biometrics. – China, 2005. – Pp. 316-325.

3 Boashash B., Deriche M., Kasai S. Extraction of fingerprint features using block direction on reconstructed images. // IEEE Xplore. – Brisbane, 2002. – Pp. 303-306.

4 Gureeva O. Biometric fingerprint identification. FingerChip Technology // Components and Technologies. – Spb., 2007. – No. 4. – Pp. 176–180. (in Russ)

5 Zadorozhny V. Fingerprint identification // PC Magazine / Russian Edition. – Russia, 2004. – No. 2. – Pp. 1–9. (in Russ)

6 Ashbaugh D. Quantitative qualitative analysis of friction ridges: an introduction to basic and advanced ridgeology // CRC Press. – Florida, 1999. – 234 p.

7 Khumbu V., Gornale S.S., Manza R., Kale K.V. An approach using mathematical morphology to extract genuine fingerprint features // Journal of Computer Science and Security (IJCSS). – India, 2007. – No. 1. – Pp. 53-59.

8 Cappelli R., Mayo D., Maltony D., Wayman J.L., Jain A.K. Evaluating the performance of fingerprint verification systems // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – New York, 2006. – No. 1. – Pp 3-18.

9 Chen V., Gao Y. Algorithm for matching fingerprints based on the smallest details using phase correlation. Methods and Applications for Computing Digital Images // IEEE Xplore. – Gleneig, 2007. – Pp. 233-238.

10 Kukharev G.A. Biometric systems: Methods and means of identification of a person's personality // Polytechnic. – Spb., 2001. – 240 p. (in Russ)

11 T.Zh. Mazakov, Sh.A. Jomartova, G.Z. Ziyatbekova, T.S. Shormanov, B.S. Amirkhanov, P. Kisala. The image processing algorithms for biometric identification by fingerprints // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences, 2020. – Vol. 1, - No 439. – P. 14-22. ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print). <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.2>

Г. З. ЗИЯТБЕКОВА^{1,2}, М. Ә. ШАЙХЫР

¹Қазақстан Республикасының Білім және Ғылым Министрлігі Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан

²әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

ТҰЛҒАНЫ СӘЙКЕСТЕНДІРУ ЖӘНЕ АУТЕНТИФИКАЦИЯЛАУДЫҢ БИОМЕТРИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ: САУСАҚ ІЗІ

Бұл мақалада сәйкестік дәлдігін жақсартатын саусақ ізін тиімді тексеру алгоритмі ұсынылады. Саусақ іздерін пайдалана отырып, тұлғаны сәйкестендіру және аутентификациялаудың биометриялық технологиялары үшін кескіндерді өңдеу алгоритмдері қарастырылады. Олар өнеркәсіптің кең ауқымында өнімділікті арттырудың маңызды құралдары болып табылады. Таңу жүйесі деректерді сақтауға, одан әрі өңдеуге, саусақ іздерін анықтауға және көрсетуге арналған. Криминалистикада кескінді өңдеудің заманауи алгоритмдері қолданылады және олар жұмыс нәтижелерінің айтарлықтай жақсаруын қамтамасыз етеді. Терінің әртүрлі жағдайларға байланысты өзгеруіне қарай саусақ ізі кескіндері де нашарлайды және зақымдалады. Осылайша, кескінді жақсарту әдістері ондағы нүктелерді анықтап, барлық мүмкін болатын ұсақ бөлшектер алынар алдында пайдаланылады. Әртүрлі белгілер бойынша анықталатын векторларды шығару

негізінде үлгілер тағайындалады және саусақ ізі кескіндерін тексеру, сондай-ақ сәйкестендіру үшін дерекқорлар жасалады. Эксперименттік зерттеу әдісі жүргізіледі, сәйкестендіру нәтижелерін өңдеу үрдісі қарастырылады. Бұл мәселені шешу үшін деректерді сақтауға, одан әрі өңдеуге, саусақ іздерін анықтауға және көрсетуге арналған тану жүйесі ұсынылды. Олар FVC2002 дерекқорымен саусақ іздерін сканерлеуге және тексеруге негізделген құпия сөзге қол жеткізу кілтінің бір түрі ретінде құпиялылығы жоғары жерлерде пайдаланылады. Алынған нәтижелер ұсынылған алгоритмнің тиімдірек әрі сенімді екенін көрсетеді.

Түйін сөздер: биометриялық жүйелер, Евклидік қашықтық, FVC2002 сәйкестендіру деректер базасы, саусақ ізін тану алгоритмі, тұлғаны сәйкестендіру.

G. Z. ZIYATBEKOVA^{1,2}, M. A. SHAIKHY²

¹RSE Institute of Information and Computational Technologies MES RK CS,
Almaty, Kazakhstan,

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

BIOMETRIC TECHNOLOGY FOR PERSONAL IDENTIFICATION AND AUTHENTICATION: FINGERPRINT

This paper presents an efficient fingerprint verification algorithm that improves matching accuracy. Algorithms for image processing for biometric technologies of identification and authentication of a person using fingerprints are considered. They are essential tools for improving performance across a wide range of industries. The recognition system is designed for storing data, further processing it, identifying and displaying fingerprints. In forensics, modern image processing algorithms are used and provide a significant improvement in work results. Fingerprint images are degraded and damaged due to changes in skin and print conditions. Thus, image enhancement techniques are used before feature points are detected and fine details are extracted. Templates are generated based on feature vector extraction and databases are created for verification and identification of fingerprint images. The method of experimental research is carried out, the process of processing the identification results is considered. To solve this problem, a recognition system was proposed, which is designed to store data, further process it, identify and display fingerprints. They are used in places of high secrecy as a kind of password access key based on scanning and verifying fingerprints with the FVC2002 database. The results obtained show that the proposed algorithm is more efficient and reliable.

Key words: biometric systems, Euclidean distance, FVC2002 identification database, fingerprint recognition algorithm, personality matching.