

УДК 681.3.01

**И. И. Билинский, д. т. н., проф.; М. И. Юкиш, к. т. н.; А. А. Павлюк****ДАКТИЛОСКОПИЧЕСКИЕ СКАНЕРЫ**

*В статье проанализированы основные методы дактилоскопического сканирования и приведены конструкции основных существующих типов сканеров, указаны их преимущества и недостатки. Определена основная проблема и способы ее решения.*

**Ключевые слова:** дактилоскопический сканер, отпечаток, биометрия.

**Введение**

Для идентификации человека широко используются биометрические технологии, такие как: идентификация по голосу, лицу, сетчатке глаза, отпечатку пальцев или ладоней, ДНК и другие. Биометрические технологии широко используются в системах управления доступом, учета рабочего времени и регистрации посетителей, в системах голосования, проведения электронных платежей [1 – 3].

Наибольшее развитие биометрических технологий началось после событий 11 сентября 2001 г. в США. Тогда разработкой биометрического оборудования занялись многие известные компании, такие как: LG, Sanyo, Polaroid, NEC, Panasonic, которые ранее не занимались этим. Устройства для преобразования папиллярного узора пальца в цифровое изображение либо в цифровой образ называются дактилоскопическими сканерами. Еще в 19 веке было установлено, что папиллярный узор пальцев неповторим у каждого человека (они разные даже у близнецов), а за более, чем столетнюю историю использования отпечатков пальцев в криминалистике и других отраслях не было обнаружено двух людей с одинаковыми отпечатками [1, 2, 4, 5]. Сейчас дактилоскопические сканеры можно встретить в банках, на таможнях, в общественных заведениях, ноутбуках, мобильных телефонах, в других устройствах и местах. Их использование, по прогнозам аналитического агентства Frost & Sullivan [5], будет ежегодно увеличиваться на 25% в связи с тем, что началось массовое создание биометрических паспортов в США и Евросоюзе. Индия начала программу Unique Identification Authority, цель которой – выдать каждому из 1200 миллионов жителей биометрическую идентификационную карту [5].

**Постановка задачи**

Повышение надежности работы сканеров, защита от мошенничества достигается преимущественно специальным программным обеспечением, но сама их технология оставляет некоторую неопределенность и вероятность неверного принятия решения вследствие возможного некорректного вмешательства. Например, в Германии хакеры раздобыли отпечаток пальца главы германского МВД (Министерства внутренних дел) Вольфганга Шойбле, наклеили его отпечатки на свои и прошли идентификацию на оптическом сканере [6]. Поэтому важно развивать другие, более защищенные технологии, поскольку во многих странах Европы можно рассчитываться в супермаркетах не кредиткой, а отпечатком пальца.

В будущем использование отпечатков в других сферах жизнедеятельности людей будет только расширяться. Слабое место сканеров, как было сказано выше, продемонстрировал случай, когда искусственная копия пальца, полностью соответствующая его параметрам, идентифицируется как настоящая. Именно поэтому нужно использовать свойства живого пальца человека. Он имеет определенную температуру, по нему проходят электрические импульсы от сокращения сердца, в нем происходят изменения давления крови (пульс), сама кровь, двигаясь, заряжает слой мертвых клеток на поверхности пальца определенным зарядом [7]. Если при сканировании отпечатка проверять одно или несколько вышеприведенных свойств, то некорректно вмешаться в работу сканера будет чрезвычайно

сложно.

Поэтому основной целью работы является обзор современных автоматизированных методов сканирования дактилоскопических отпечатков, которые обеспечивают высокий уровень защищенности сканеров от различных видов мошенничества.

**Основная часть**

На сегодня известно много видов дактилоскопических сканеров, которые по принципу работы можно разделить на 3 основные категории: оптические, ультразвуковые и полупроводниковые (рис. 1) [8].

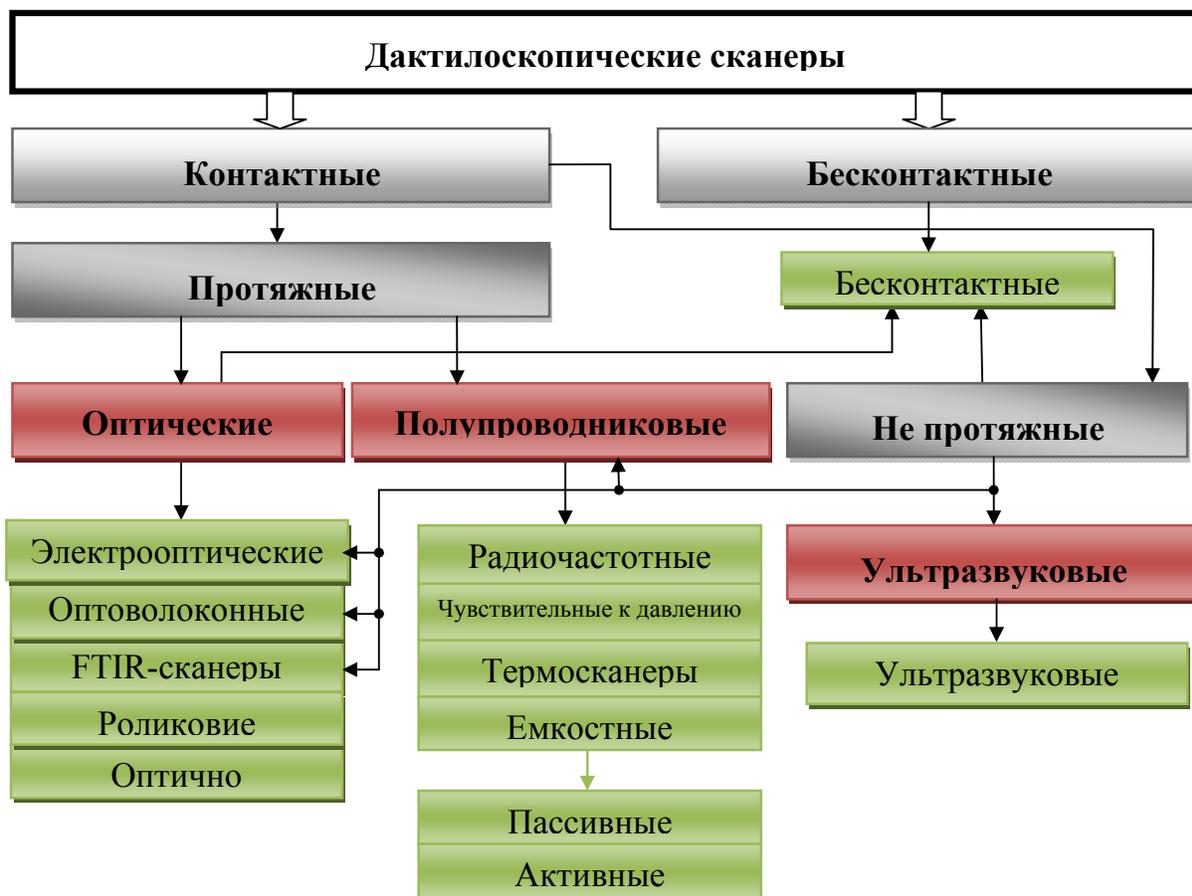


Рис. 1. Классификация дактилоскопических сканеров по физическому принципу их работы и способом реализации

К основным характеристикам сканеров можно отнести разрешение, скорость считывания, износостойкость и другие параметры. На основе анализа источников отечественных и зарубежных авторов в таблице 1 приведены основные характеристики сканеров [9 – 17].

Основные характеристики дактилоскопических сканеров

Характеристика	Тип сканеров		
	Оптические	Ультразвуковые	Полупроводниковые
Разрешение, (dpi)	500-3000	500	508
Скорость считывания, (кадр/с)	50-2130	-	20-30
Износоустойчивость, (млн. прикосновений)	1-4	-	1-10
Размеры, (мм)	45 * 63 * 26	87*150*82	27*20,4* 3,5
Цена, \$	130-200		20-50
Вероятность допуска чужого	$10^{-9}$	-	$10^{-9}$
Чувствительность к загрязнениям поверхности кожи	высокая	низкая	Низкая

Основными производителями оптических сканеров являются BioLink, Digital Persona, Identix; полупроводниковых Infineon, ST-Microelectronics, Veridicom, IDEX, Atmel; ультразвуковых Ultra-Scan Corporation.

Оптические сканеры основаны на использовании оптических методов получения изображения. Эти сканеры наиболее широко используются. В настоящее время существуют следующие технологии реализации оптических сканеров: FTIR-сканеры, оптоволоконные сканеры, электрооптические сканеры, оптически протяжные сканеры, роликовые сканеры, бесконтактные сканеры [8, 18 – 20].

FTIR-сканеры (Frustrated Total Internal Reflection – «нарушено полное внутреннее отражение») работают на эффекте полного внутреннего отражения. Палец прикладывается к стеклу, под которым с одной стороны находится источник света, а с другой – камера. Свет от стекла, отражаясь, попадает на камеру, в том месте, где стекла коснулся гребень отпечатка, полного внутреннего отражения не происходит, и с той области поступает меньший поток света. Так на камеру попадает темный узор гребней, который затем оцифровывается [8, 20].

Оптоволоконные сканеры состоят из оптоволокон, образующих матрицу, к которой прикладывают палец. Над пальцем находится сильный источник света, который просвещает палец. Каждое оптоволоконно заканчиваются фотоэлементом. Если оптоволоконна касается гребень, то фотоэлемент воспринимает свет, проходящий через палец, если гребня нет, то нет и света. Данные из фотоэлементов позволяют создать цифровое изображение [8, 18].

Электрооптические сканеры. В основе данной технологии лежит использование специального электрооптического полимера, в состав которого входит светоизлучающий слой. При приложении пальца к сканеру неоднородность электрического поля на его поверхности (разница потенциалов между гребнями и впадинами) обуславливает свечение этого слоя так, что он высвечивает отпечаток пальца. Затем массив светодиодов сканера преобразуют это свечение в цифровой вид.

Оптически протяжные сканеры в целом аналогичны FTIR-устройствам. Их особенность в том, что палец нужно не просто прикладывать к сканеру, а проводить ним по узкой полоске-читателю. При движении пальца по поверхности сканера делается серия мгновенных снимков (кадров). При этом соседние кадры снимаются с некоторым наложением, т. е. перекрывают друг друга для того, чтобы точно сложить целое изображение

из кадров. Такая конструкция позволяет значительно уменьшить размеры используемой призмы и самого сканера.

Роликовые сканеры состоят из прозрачного цилиндрического ролика, внутри которого находится статический источник света, линза и миниатюрная камера. Сканирование пальца происходит при прокатке пальцем ролика. Во время движения пальца по поверхности ролика делается серия мгновенных снимков (кадров) фрагмента папиллярного узора, соприкасающегося с поверхностью. После полной «прокрутки» пальца, «собирается картинка» его отпечатка [8].

Бесконтактные сканеры требуют непосредственного контакта пальца с поверхностью сканирующего устройства. Палец прикладывается к отверстию в сканере, несколько источников света освещают его снизу с разных сторон, в центре сканера находится линза, через которую собранная информация проецируется на КМОП-камеру, которая преобразует полученные данные в изображение отпечатка пальца [8, 19, 20].

Еще одной разновидностью действительно бесконтактного сканера является сканер, использующий поляризацию света. Он работает следующим образом: руку вместе с отпечатками освещают поляризованным светом и снимают изображение, предварительно пропустив отраженный свет через поляризационный фильтр. После первой съемки фильтр поворачивается на  $90^0$  электродвигателем, и вновь проводится съемка. Благодаря сравнению двух изображений, удается существенно улучшить контраст папиллярных линий и получить фотографию подкожной ткани. Преимуществом данного сканера является: отсутствие загрязнения поверхности датчика, биологическая безопасность (с точки зрения гигиены), возможность защиты сканера бронированным стеклом. Недостатком сканера является сложность конструкции и довольно высокая цена [21].

Преимуществами оптических сканеров являются относительно низкая цена; компактность. Недостатки: они требуют постоянного ухода (пыль, грязь, царапины могут существенно ухудшить качество цифрового отпечатка). Еще одним недостатком есть чувствительность к состоянию кожи на самом пальце: жирная, сухая или потрескавшаяся кожа могут стать причиной размытого изображения.

Самый большой недостаток данных сканеров – это слабая защищенность от муляжей и других способов обмана [8, 18 – 20].

Ультразвуковое сканирование – это сканирование поверхности пальца ультразвуковыми волнами и измерение расстояния между источником волн и впадинами и гребнями на поверхности пальца по отраженной от них луны.

Преимуществами данных сканеров является: изображение, полученное ими, в 10 раз лучше, чем в оптических; данный способ практически полностью защищен от муляжей; этот способ сканирования позволяет помимо отпечатка получать и некоторые дополнительные характеристики (например, пульс внутри пальца).

Недостатками являются высокая цена и большие размеры по сравнению с другими типами сканеров [8].

Полупроводниковые сканеры. В их основе лежит использование для получения изображения поверхности пальца свойств полупроводников, которые изменяются в местах контакта гребней папиллярного узора с поверхностью сканера. В настоящее время существует несколько технологий реализации полупроводниковых сканеров: термосканеры, сканеры, чувствительные к давлению, емкостные и радиочастотные сканеры [8, 18 – 20].

В термосканерах используются сенсоры, состоящие из пироэлектрических элементов, позволяющих фиксировать разницу температуры и превращать ее в напряжение. При приложении пальца к сенсору по температуре гребней папиллярного узора, прикасающихся к пироэлектронным элементам, и температуре воздуха, находящегося во впадинах, строится температурная карта поверхности пальца, которая преобразуется в цифровое изображение [8, 18, 19].

Чувствительные к давлению сканеры. В этих устройствах используются сенсоры,

состоящие из матрицы пьезоэлементов. При приложении пальца к сканирующей поверхности гребни папиллярного узора оказывают давление на некоторое подмножество элементов поверхности, соответственно впадины никакого давления не производят. Матрица полученных из пьезоэлементов напряжений преобразуется в изображение поверхности пальца.

В радиочастотных сканерах используется матрица чувствительных элементов, каждый из которых работает как маленькая антенна. Слабый радиосигнал направляется на поверхность сканируемого пальца, каждый из чувствительных элементов матрицы принимает отраженный сигнал от папиллярного рисунка. Размер приведенной в каждой антенне ЭДС зависит от наличия или отсутствия над ней гребня папиллярного рисунка. Полученная матрица напряжений преобразуется в цифровое изображение [8, 18, 20].

Емкостные сканеры отпечатка пальца изготавливают на кремниевой пластине, содержащей область микроконденсаторов. Есть два типа данных сканеров: пассивные (каждая ячейка сенсора имеет лишь одну из пластин конденсатора); активные (ячейка сенсора содержит обе пластины конденсатора). Активный метод имеет следующие преимущества: позволяет использовать дополнительные функции обработки образа отпечатка, более высокую устойчивость к внешним воздействиям, имеет более высокое отношение сигнал – шум. Близость поверхности пальца к пластине кремния позволяет регистрировать электрические импульсы, возникающие при сокращении сердца. Использование данной особенности позволяет эффективно противодействовать муляжам [8, 19, 20, 22].

Все вышеописанные полупроводниковые сканеры имеют протяженные варианты, что делает меньшими их геометрические размеры и цену.

Преимуществами полупроводниковых сканеров являются: малые габариты; высокая точность полученного изображения, которая не зависит от состояния кожи, получение качественных отпечатков даже в том случае, если палец загрязнен.

Недостатками сканеров являются: необходимость приложения пальца непосредственно к полупроводниковой поверхности (любой промежуточный слой влияет на результаты сканирования), что ведет к быстрому износу датчика сканера; высокая чувствительность к сильным внешним электрическим полям; чувствительность к вибрациям и ударам [8, 18 – 20].

### Выводы

В статье проанализированы основные методы дактилоскопического сканирования и приведены конструкции основных существующих типов сканеров, указаны их преимущества и недостатки. Установлено, что основной проблемой на сегодня, с которой столкнулись производители при массовом использовании дактилоскопических сканеров, является слабая защищенность от муляжей. Поэтому наиболее перспективным направлением дальнейших разработок являются сканеры с регистрацией биологических признаков живого организма. К таким сканерам, в первую очередь относятся полупроводниковые емкостные и термосканеры.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общая характеристика биометрических технологий. Основные группы биометрических идентификаторов и технологий [Электронный ресурс] // ООО Биолинк Солюшенс, 2007. Режим доступа: <http://www.biolink.ru/technology/biometric.php>
2. Рынок биометрии будет каждый год расти на четверть [Электронный ресурс] // Security News : Информационно-аналитическое издание по техническим средствам и системам безопасности. Режим доступа: <http://www.secnews.ru/foreign/15660.htm>
3. Обзор биометрических технологий [Электронный ресурс]: Прогноз финансовых рисков 2000 – 2009. / В. Задорожный // Режим доступа: <http://www.bre.ru/security/20234.html>
4. Идентификация по отпечаткам пальцев. Часть 2 [Электронный ресурс]: Прогноз финансовых рисков 2000 – 2009. / В. Задорожный // PC Magazine/Russian Edition №2, 2004. Режим доступа: Наукові праці ВНТУ, 2010, № 3

<http://www.bre.ru/security/21052.html>

5. Биометрия: итоги и ожидания [Электронный ресурс]: ООО Биолинк Солюшенс, 2007 – 2010. / А. Арсентьев // Режим доступа: <http://www.biolink.ru/technology/newss/4124/>

6. Немецкие хакеры грозят «пальцем» [Электронный ресурс]: Франкфурт-на-Майне. / К. Куц // Режим доступа: <http://vz.ru/society/2008/4/2/156615.html>.

7. Система физической идентификации по отпечаткам пальцев Sagnier [Электронный ресурс]: Nicsaworld S.A. 2005. // Режим доступа: <http://www.nicsaworld.com/pdf/FIngrus.pdf>

8. Идентификация по отпечаткам пальцев. Часть 1 [Электронный ресурс]: Прогноз финансовых рисков 2000 – 2009. / В. Задорожный // PC Magazine / Russian Edition №2, 2004. Режим доступа <http://www.bre.ru/security/20994.html>.

9. Биометрическая идентификация по отпечаткам пальцев. Технология Finger Chip [Электронный ресурс] / О. Гуреева // Компоненты и технологии №4, 2007. Режим доступа: [http://www.kit-e.ru/articles/rfid/2007\\_4\\_176.php](http://www.kit-e.ru/articles/rfid/2007_4_176.php)

10. AES1711 is AuthenTec's slide sensor [Электронный ресурс] // Виробник Authentec. Режим доступа: <http://www.authentec.com/products-wireless-aes1711.cfm>

11. Сканер отпечатков пальцев BioLink U-Match 3.5 [Электронный ресурс] // Виробник BioLink. Режим доступа: <http://biolink.ru/products/scanners/>

12. Lock LH9-3 [Электронный ресурс] // Виробник ADEL. Режим доступа: [http://www.adellock.com/en/product\\_show.asp?id=66](http://www.adellock.com/en/product_show.asp?id=66)

13. The world's thinnest fingerprint sensor, SmartFinger® Film, is a finalist in the Sesames Awards competition [Электронный ресурс] // Виробник IDEX. Режим доступа: [www.idex.no](http://www.idex.no)

14. Fingerprint Sensor FPC1011F [Электронный ресурс] // Fingerprint. Режим доступа: [http://www.fingerprint.se/en/Products/All%20products%20overview.aspx?sc\\_lang=en](http://www.fingerprint.se/en/Products/All%20products%20overview.aspx?sc_lang=en).

15. Product Specifications TCS5 TouchStrip® Fingerprint Sensor (TCEEA4 (TCS4C+TCD50A)) [Электронный ресурс] // Upek. Режим доступа: <http://www.upek.com/solutions/productfinder/>

16. AuthenTec Fingerprint Sensors AES2660 [Электронный ресурс] // Authentec. Режим доступа: <http://www.authentec.com/products-pcsandperipherals.cfm>.

17. Сканер отпечатков пальцев Model [Электронный ресурс] // Виробник Ultra-scan. Режим доступа: <http://www.ultra-scan.com/Default.aspx?tabid=496>.

18. Введение в биометрию [Электронный ресурс] // ООО «н-Тегрити». Режим доступа: <http://www.n-trance.ru/?area=5&block=5>.

19. Биометрические технологии [Электронный ресурс] / М. Давлетханов // Р Контроль системы безопасности. Режим доступа: <http://www.r-control.ru/articles/8/>

20. Аппаратная реализация методов идентификации по отпечаткам пальцев [Электронный ресурс] / О. Никулин // Специальная Техника. – 1999 г. – №3. Режим доступа: <http://ess.ru/publications/articles/nikul/nikulin.htm>.

21. Патент 67772 України МПК 7G06K9/20, A61B5 / 117. Спосіб та пристрій для ідентифікації особи шляхом безконтактного розпізнавання ліній руки і пальців / Хауке Рудольф, DE, Айнігхаммер Хайнс Й., DE, Айнігхаммер Йенс, DE., заявник і патентовласник – ТСТ-ТАЧЛЕСС СЕНСОР ТЕКНОЛОДЖИ СЕЙЛЗ ЕНД МАРКЕТИНГ АГ, СН – опубл. 15.07.2004, Бюл. №7, 2004 р.

22. Современные технологии идентификации личности по отпечатку пальца с использованием емкостных датчиков [Электронный ресурс] / Г. Рябов // Radioradar. Режим доступа: [http://www.radioradar.net/articles/scientific\\_technical/identif\\_otpech.html](http://www.radioradar.net/articles/scientific_technical/identif_otpech.html).

**Билинский Иосиф Иосифович** – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой электроники.

**Юкиш Марина Иосифовна** – к. т. н., кафедра теоретической электротехники и электрических измерений.

**Павлюк Александр Анатольевич** – студент.

Винницкий национальный технический университет.