ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-3 — 2009

Автоматическая идентификация

ИДЕНТИФИКАЦИЯ БИОМЕТРИЧЕСКАЯ

Форматы обмена биометрическими данными

Часть 3

Спектральные данные изображения отпечатка пальца

ISO/IEC 19794-3:2006
Information Technology — Biometric data interchange formats — Part 3: Finger pattern spectral data (IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Научно-исследовательским и испытательным центром биометрической техники Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана (НИИЦ БТ МГТУ им. Н. Э. Баумана) на основе собственного аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Управлением технического регулирования и стандартизации Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 декабря 2009 г. № 588-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО/МЭК 19794-3—2006 «Информационные технологии. Форматы обмена биометрическими данными. Часть 3 Спектральные данные изображения отпечатка пальца» (ISO/IEC 19794-3:2006 «Information Technology — Biometric data interchange formats – Part 3: Finger pattern spectral data»). Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5 (пункт 3.5).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет.

© Стандартинформ, 2011

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Соответствие . . . 1
3 Нормативные ссылки . . . 1
4 Термины и определения . . . 2
5 Обозначения и сокращения . . . 3
6 Представление данных . . . 4
6.1 Последовательность байтов и битов . . . 4
6.2 Система координат . . . 4
6.3 Разрядность шкалы градаций серого . . . 4
6.4 Полярность изображения . . . 4
6.5 Направление отсчета угла . . . 4
6.6 Мера угла . . . 4
7 Определение спектральных данных изображения отпечатка пальца . . . 5
7.1 Общее представление . . . 5
7.2 Предварительная обработка изображения . . . 5
7.3 Фрагментация . . . 5
7.4 Выбор спектральных составляющих . . . 5
7.5 Качество группы ячеек . . . 11
8 Запись спектральных данных изображения отпечатка пальца . . . 11
8.1 Заголовок записи . . . 12
8.2 Запись данных одного пальца . . . 16
8.3 Структура формата записи спектральных данных изображения отпечатка пальца . . . 24
9 Формат карты спектральных данных изображения отпечатка пальца . . . 28
Приложение А (справочное) Примеры записи спектральных данных изображения отпечатка пальца с использованием квантованного косинусоидального триплета для выбора спектральных составляющих . . . 30
Приложение В (справочное) Примеры записи спектральных данных изображения отпечатка пальца с использованием дискретного преобразования Фурье для выбора спектральных составляющих . . . 33
Приложение С (справочное) Примеры записи спектральных данных изображения отпечатка пальца с использованием фильтра Габора для выбора спектральных составляющих . . . 36
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации . . . 38
Библиография . . . 39

Введение

Настоящий стандарт входит в комплекс стандартов и технических отчетов, которые были разработаны ИСО/МЭК СТК 1/ПК 37 с целью установления требований к автоматической идентификации на основе биометрических характеристик.

Стандарт устанавливает требования к формату обмена спектральными данными изображения отпечатка пальца, который позволяет использовать более компактное представление данных по сравнению с обменом исходными изображениями.

В качестве способа определения спектральных составляющих настоящий стандарт устанавливает дискретное преобразование Фурье и преобразование с использованием компонентов фильтра Габора. Для получения спектральных данных используется изображение целиком или ячейки изображения (перекрывающиеся или неперекрывающиеся) одинакового размера, не зависящего от конкретного изображения и не изменяющегося в его пределах. Исходное изображение отпечатка пальца должно быть полутоновым. Получение спектральных составляющих путем вейвлет-преобразования настоящим стандартом не устанавливается.

В некоторых алгоритмах распознавания отпечатков пальцев для сопоставления с шаблоном используются спектральные данные изображения отпечатка пальца. В таких алгоритмах используются биометрические свойства, извлекаемые из ячейки изображения путем преобразований, учитывающих каждый элемент ячейки, в отличие от алгоритмов, в которых используются свойства, извлекаемые из ячейки на основании анализа особых точек изображения. В настоящее время не существует формата обмена спектральными данными изображения отпечатка пальца для использования в алгоритмах распознавания.

Настоящий стандарт обеспечивает:

- функциональную совместимость устройств распознавания отпечатков пальцев различных изготовителей, основанную на компактном формате данных;
- распространение недорогих промышленных дактилоскопических сканеров с ограниченными зоной сканирования, динамическим диапазоном или пространственным разрешением;
- установление формата записи данных, который позволяет использовать для хранения биометрической информации различные носители данных (включая портативные устройства и смарт-карты);
- поддержку распространения биометрии в приложениях, требующих функциональной совместимости.

Организации ИСО и МЭК обращают внимание на то, что для соответствия требованиям настоящего стандарта может потребоваться использование патентов на метод квантованных косинусоидальных триплетов, использующихся для представления спектральных данных изображения отпечатка пальца. Организации ИСО и МЭК не несут ответственность за идентификацию определенных или любых подобных патентных прав. Обладатель данного патентного права заверил ИСО и МЭК в своей готовности вести переговоры о выдаче права на лицензию в любой стране на разумных и равноправных условиях. Запись о готовности патентовладельца выдать соответствующую лицензию зарегистрирована в ИСО и МЭК. Информация может быть получена по адресу:

Bioscrypt Inc.
505 Cochrane Drive
Markham, Ontario, Canada
L3R 8E3

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Автоматическая идентификация

ИДЕНТИФИКАЦИЯ БИОМЕТРИЧЕСКАЯ

Форматы обмена биометрическими данными

Часть 3

Спектральные данные изображения отпечатка пальца

Automatic identification. Biometric identification. Biometric data interchange formats. Part 3
Finger pattern spectral data

Дата введения — 2011 — 01 — 01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к формату обмена спектральными данными изображения отпечатка пальца.

2 Соответствие

Биометрическую систему и алгоритм считают соответствующими требованиям настоящего стандарта, если они обеспечивают формирование спектральных данных изображения отпечатка пальца в соответствии с разделом 7 и формирование записи спектральных данных изображения отпечатка пальца в соответствии с разделом 8.

3 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие международные стандарты. В случае ссылок на документы, у которых указана дата утверждения, необходимо использовать только указанную редакцию. В случае, когда дата утверждения не указана, следует использовать последнюю редакцию ссылочных стандартов, включая любые поправки и изменения к ним:

ИСО/МЭК 19784-1 — 2006 Информационная технология. Программный интерфейс биометрических приложений. Спецификация BioAPI (ISO/IEC 19784-1:2006, Information technology — Biometric application programming interface — Part 1: BioAPI specification)

ИСО/МЭК 19785-1 — 2006 Автоматическая идентификация. Идентификация биометрическая. Единая структура форматов обмена биометрическими данными. Часть 1. Спецификация элементов данных (ISO/IEC 19785-1:2006, Information technology — Common Biometric Exchange Formats Framework — Part1: Data element specification)

ANSI/NIST-ITL 1:2000 Стандарт американского национального института стандартов, национального института стандартов и технологий США, лаборатории испытаний промышленной продукции — Стандартный формат данных для обмена информацией об отпечатках пальцев, лице, шрамах и татуировках (ANSI/NIST-ITL 1:2000, Standard Data Format for the Interchange of Fingerprint, Facial, & Scar Mark & Tattoo (SMT) Information)

ANSI/IEEE Std 754 — 1985 Стандарт американского национального института стандартов, института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (ИИЭР) Арифметические операции с плавающей точкой в двоичной системе счисления (ANSI/IEEE Std 754-1985, IEEE Standard for Binary Floating-Point Arithmetic)

Издание официальное

4 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

4.1 **биометрические данные** (biometric data): Любые данные, характеризующие какую-либо биометрическую характеристику.

Примечание — В настоящем стандарте биометрическими данными являются спектральные данные отпечатка пальца, данные о качестве и другие данные, извлеченные из полученного биометрического образца.

4.2 **биометрическое свойство** (biometric feature): Представление биометрической характеристики, которое может быть использовано биометрическим алгоритмом при сравнении наборов данных одного и того же биометрического типа.

Примечания

1 Применение данного термина должно совпадать с его применением математическими сообществами и сообществами по распознаванию образов.

2 В настоящем стандарте биометрическими свойствами являются спектральные составляющие образца изображения отпечатка пальца.

4.3 **биометрический образец** (biometric sample): Информация, полученная непосредственно или после обработки с биометрического устройства

4.4 **исходный биометрический образец** (raw biometric sample): Биометрический образец, полученный непосредственно с биометрического устройства.

Примечания

1 В настоящем стандарте предполагается, что для получения исходных биометрических образцов используются дактилоскопические сканеры.

2 Как правило, исходный биометрический образец имеет максимально возможные размеры и пространственное разрешение, обеспечиваемые используемым дактилоскопическим сканером.

4.5 **промежуточный биометрический образец** (intermediate biometric sample): Биометрический образец, полученный путем обработки исходного биометрического образца и предназначенный для дальнейшей обработки.

Пример — Обрезка изображения, субдискретизация, сжатие, преобразование в стандартные форматы обмена данными и увеличение изображения.

Примечание — В настоящем стандарте понятие промежуточного биометрического образца относится к образцам отпечатков пальцев.

4.6 **биометрическая система** (biometric system): Автоматизированная система, предназначенная для сбора биометрических данных, извлечения свойств из полученных данных, сравнения обработанных данных с данными биометрических шаблонов и определения вероятности их совпадения, по которой определяется успешность проверки подлинности или идентификации личности.

4.7 **глубина цвета** (bit-depth): Число битов, используемых для кодирования каждого пикселя.

4.8 **ячейка** (cell): Прямоугольная однородная неперекрывающаяся область изображения.

Примечание — Многошкальные ячейки не рассматриваются в настоящем стандарте.

4.9 **структура ячейки** (cell structure): Массив пикселей, каждый из которых имеет значение градации серого, определенное с использованием косинусоидального шаблона с помощью параметров θ, λ и δ.

Примечание — Понятие применимо только для метода квантованных косинусоидальных триплетов.

4.10 **группа ячеек** (cell quality group): Квадратный массив ячеек изображения отпечатка пальца, для которого определен показатель качества.

4.11 **сопоставление** (comparison): Процесс сравнения биометрического образца с ранее полученным шаблоном или шаблонами.

4.12 **ядро** (core): Самая верхняя точка на внутреннем загнутом гребне отпечатка пальца, в общем случае расположенная в пределах самого внутреннего загиба петли.

Примечание — Для лучшего понимания можно рассматривать ядро как загиб гребня, иногда охватывающий несколько окончаний гребней. Ядро служит для определения примерного положения центра изображения отпечатка пальца.

4.13 **обрезка** (crop): Удаление края изображения для уменьшения его размера.

4.14 **дельта** (delta): Точка на гребне, расположенная ближе всех (непосредственно перед) к точке расхождения двух граничных папиллярных гребней.

4.15 **размерность** (dimension): Число пикселей в полученном образце отпечатка пальца в горизонтальном или вертикальном направлении.

4.16 **субдискретизация** (down-sample): Уменьшение разрешения изображения путем повторной выборки изображения с помощью уменьшенного количества пикселей.

Примечание — Во избежание эффекта наложения необходимо использовать надлежащую фильтрацию.

4.17 **регистрация** (enrolment): Процесс сбора биометрических образцов человека, их последующая обработка и хранение биометрических контрольных шаблонов и моделей.

4.18 **отпечаток пальца** (fingerprint pattern): Изображение отпечатка пальца.

Примечание — В настоящем стандарте понятие отпечатка пальца относится к промежуточному биометрическому образцу.

4.19 **спектральные данные изображения отпечатка пальца** (finger pattern spectral data): Ряд спектральных составляющих, извлеченных из изображения отпечатка пальца.

4.20 **минимальная пространственная длина волны** (minimal spatial wavelength): Пространственная длина волны (измеряемая в пикселях), в которой ровно два образца изображения охватывают полный период косинусоидального шаблона.

Примечание — Существует также максимальная пространственная частота, которая передается без искажений при дискретизации. Эта частота называется частотой Найквиста. Минимальная пространственная длина волны — величина, обратная частоте Найквиста. Частота Найквиста определяет требования к разрешению изображения отпечатка пальца после субдискретизации.

4.21 **заполнение** (pad): Вставка изображения в большой массив (обычно заполненный нулями) для получения изображения большего размера.

4.22 **повторная выборка** (re-sampling): Регистрация изображения с частотой дискретизации, которая отличается от частоты дискретизации, использованной при первоначальной регистрации.

4.23 **разрешение изображения** (image resolution): Число точек на единицу длины изображения.

Примечание — В настоящем стандарте в качестве единицы измерения разрешения изображения использованы пиксели на сантиметр (ppcm); 1 пиксель на сантиметр равен 2,54 пикселя на дюйм (ppi).

4.24 **граничные гребни** (typeline): Два крайних гребня, начинающихся параллельно, расходящихся и окружающих или стремящихся окружить пальцевый узор.

5 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

2М (2D) — двумерный (two dimensional);

ЕСФОБД (CBEFF) — единая структура форматов обмена биометрическими данными (Common Biometric Exchange Formats Framework);

ДПФ (DFT) — дискретное преобразование Фурье (Discrete Fourier Transform);

ppcm — пиксели на сантиметр (pixels per centimeter);

ppi — пиксели на дюйм (pixels per inch);

a, b, c,..., S, T — строчные и прописные латинские буквы;

α, θ, λ,..., Γ — строчные и прописные греческие буквы;

$[a; b)$ — ряд значений от a до b, включая a, но не включая b;

$[a; b]$ — ряд значений от a до b, включая a и b;

$\lfloor a \rfloor$ — наибольшее целое число, меньшее или равное a;

$\lceil a \rceil$ — наименьшее целое число, большее или равное a;

$ROUNDO(a)$ — ближайшее целое число к a. Если дробная часть числа a равна 0,5, то $ROUND(a)$ должно быть заменено на ближайшее целое число, большее a;

$a\,(b, c)$ — функция a с аргументами b и c;

$|a\,(b, c)|$ — амплитуда ДПФ или функции Габора при заданных аргументах b и c;

$\angle a\,(b, c)$ — фаза ДПФ или функции Габора при заданных аргументах b и c.

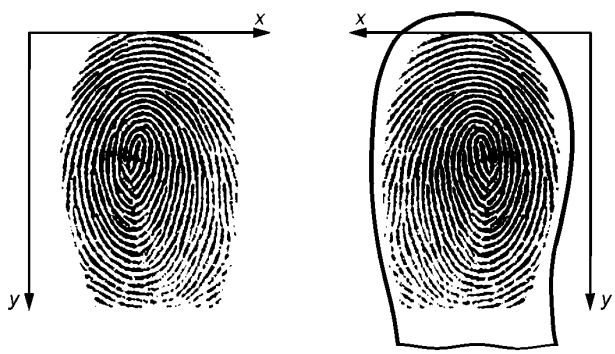
6 Представление данных

6.1 Последовательность байтов и битов

Информационные элементы, поля и записи должны состоять из одного или нескольких байтов данных. Все многобайтовые последовательности должны быть представлены в формате обратного порядка байтов (Big-Endian), то есть запись любого многобайтового значения начинают со старших байтов. Порядок передачи данных должен быть следующим: сначала передаются старшие байты, затем — младшие. В пределах каждого байта порядок передачи должен быть следующим: сначала передаются старшие биты, затем — младшие. Все численные значения должны быть целыми и беззнаковыми величинами фиксированной длины. Значения с плавающей точкой должны быть записаны как четырехбайтовые (32-битовые) значения одинарной точности в соответствии с ANSI/IEEE Std 754—1985.

6.2 Система координат

В настоящем стандарте устанавливается Декартова система координат *xy*. Начало системы координат изображения должно находиться в левом верхнем углу исходного изображения. Ось *x* в соответствии с общепринятым в цифровой обработке изображений допущением должна быть направлена слева направо, ось *y* — сверху вниз. Для системы координат, расположенной на пальце, при взгляде на подушечку пальца ось *x* должна быть направлена справа налево (рисунок 1). Все значения координат *x* и *y* должны быть неотрицательными.



След отпечатка пальца Палец

Рисунок 1 — Система координат

В формате записи спектральных данных изображения отпечатка пальца разрешение системы координат устанавливается в заголовке записи в соответствие с 8.1.5 (горизонтальное разрешение) и 8.1.6 (вертикальное разрешение).

Началом координат ячейки должен быть левый верхний пиксель ячейки, ось абсцисс должна быть направлена вправо, а ось ординат — вниз.

6.3 Разрядность шкалы градаций серого

Значение разрядности шкалы градаций серого должно быть равно 8 битам. Разрядность шкалы градаций серого 8 битов обеспечивает 256 уровней градации серого. Минимальный уровень яркости точки, соответствующий черному цвету, должен быть равен 0. Максимальный уровень яркости точки, соответствующий белому цвету, кодируется значениями 1 всех битов (числом 255_{10}). Яркость самой темной точки изображения может иметь значение более 0, яркость самой светлой точки может иметь значение менее 255.

6.4 Полярность изображения

На изображении отпечатка пальца гребни должны быть черного цвета, а впадины — белого, в противном случае необходимо провести преобразование изображения для его соответствия данному требованию. Серые линии на изображении отпечатка пальца соответствует гребням.

6.5 Направление отсчета угла

Мера углов должна находиться в диапазоне [0°; 360°), если не оговорено иное. Угол, равный 0°, параллелен оси абсцисс (горизонтален). Отсчет углов осуществляют против часовой стрелки.

6.6 Мера угла

Все фазы и углы распространения должны измеряться в градусах.

7 Определение спектральных данных изображения отпечатка пальца

7.1 Общее представление

Определение спектральных данных, использующихся для представления полученного отпечатка пальца в формате обмена, установленном в настоящем стандарте, проводят в следующей последовательности:

1) предварительная обработка изображения отпечатка пальца, например субдискретизация или обрезка изображения; предварительная обработка не является обязательной;

2) фрагментация — разбиение изображения отпечатка пальца на ячейки размером $S \times T$ пикселей;

3) выбор спектральных составляющих для представления каждой ячейки отпечатка пальца.

7.2 Предварительная обработка изображения

На данном этапе допускается проводить уменьшение разрешения (субдискретизацию) и обрезку изображения. Допустимое уменьшение разрешения определяют по максимальной пространственной частоте изображений отпечатков пальцев исследуемой группы людей (взрослые, дети и т. д.). Обрезку изображения, являющуюся частью данного этапа, допускается проводить до или после субдискретизации.

В результате происходит преобразование первичного биометрического образца в промежуточный биометрический образец. Если вышеуказанные операции не проводят, фрагментации должен подвергаться исходный биометрический образец (полученное изображение отпечатка пальца).

7.3 Фрагментация

В общем случае фрагментация представляет собой разделение центральной или другой части изображения отпечатка пальца на сеть перекрывающихся или неперекрывающихся ячеек. Первой ячейкой считают ячейку, находящуюся слева сверху изображения отпечатка пальца. Начало координат первой ячейки может не совпадать с началом координат изображения отпечатка пальца. В этом случае начало координат первой ячейки определяют по смещению по оси абсцисс *x* и оси ординат *y* относительно начала координат изображения отпечатка пальца (рисунок 2). Если в результате фрагментации справа и снизу изображения остаются пиксели, не образующие полноразмерную ячейку, данные пиксели должны быть удалены.

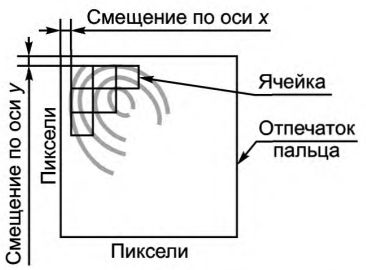


Рисунок 2 — Фрагментация изображения отпечатка пальца

Информация об отпечатке пальца в каждой ячейке должна быть представлена спектральными составляющими, полученными с использованием одного из методов, описанных в 7.4.

7.4 Выбор спектральных составляющих

Спектральные данные ячейки изображения отпечатка пальца могут быть получены несколькими способами, в частности, с помощью дискретного преобразования Фурье, фильтрации Габора или выбора спектральных составляющих из дискретного набора косинусоидальных функций, описанных ниже.

7.4.1 Дискретный набор косинусоидальных функций

Информацию о яркости точек в ячейке изображения отпечатка пальца можно представить при помощи следующей двумерной косинусоидальной функции:

$$Cell_{(\theta, \lambda, \delta)}(s, t) = \cos(PD \times 2\pi \times f + \delta),$$

где $PD = s \times \cos(\theta) - t \times \sin(\theta)$, $f = 1/\lambda$;

s и t индексы пикселей ячеек по осям x и y соответственно.

Данная двумерная функция полностью определяется параметрами θ (угол распространения), λ (длина волны) и δ (фазовый сдвиг), рисунок 3.

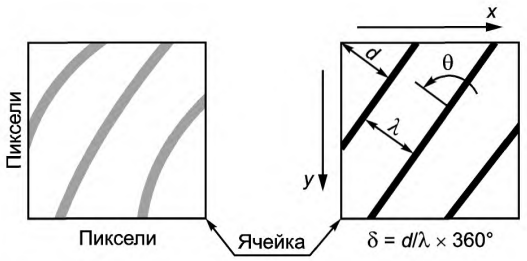


Рисунок 3 — Представление спектральных составляющих ячейки изображения отпечатка пальца

Диапазоны значений параметров:

- θ : [0°; 180°); θ определяют как угол распространения косинусоидальной функции; за направление распространения принимают направление, перпендикулярное к максимумам косинусоидальной функции. θ равно 0°, если максимумы косинусоидальной функции перпендикулярны оси абсцисс; θ увеличивается в направлении против часовой стрелки.

- λ : (минимальная пространственная длина волны; ∞), пикселей; λ ограничена удвоенным числом пикселей вдоль наибольшей диагонали изображения. $\lambda = 1/f$, где f : [0; максимальная пространственная частота). Максимальная пространственная частота является частотой Найквиста и равна разрешению изображения, деленному на 2.

- δ : [0°; 360°); $\delta = (d / \lambda)\ 360°$, где d — расстояние между началом координат ячейки (левый верхний угол ячейки) и расположением первого максимума косинусоидальной функции в положительном направлении оси абсцисс (рисунок 3).

Значение каждого из этих параметров может быть квантовано с целью создания ограниченного ряда дискретных триплетов (θ, λ, δ). Применение каждого триплета в данном ряду к косинусоидальной функции, указанной выше, позволяет получить соответствующий набор спектральных данных ячеек изображения отпечатка пальца.

В дальнейшем параметры θ, λ и δ представлены с использованием l, m и n битов соответственно. Двоичное представление параметров θ, λ и δ приведено в таблицах 1 — 3.

Таблица 1 — l-битовое представление для θ

l-битовое значение	θ
0...000	0
0...001	$\frac{1}{2^l}180°$
0...010	$\frac{2}{2^l}180°$
...	...
1...110	$\frac{2^l - 2}{2^l}180°$
1...111	$\frac{2^l - 1}{2^l}180°$

Таблица 2 — m-битовое представление для λ

m-битовое значение	f	λ
0...000	0	∞
0...001	$\frac{1}{2^m}Nyquist$	$\frac{1}{f}$
0...010	$\frac{2}{2^m}Nyquist$	$\frac{1}{f}$
...	...	...
1...110	$\left(\frac{2^m - 2}{2^m}\right)Nyquist$	$\frac{1}{f}$
1...111	$\left(\frac{2^m - 1}{2^m}\right)Nyquist$	$\frac{1}{f}$

Таблица 3 — n-битовое представление для δ

n-битовое значение	δ
0...000	0
0...001	$\frac{1}{2^n}360°$
0...010	$\frac{2}{2^n}360°$
...	...
1...110	$\frac{2^n - 2}{2^n}360°$
1...111	$\frac{2^n - 1}{2^n}360°$

Представление параметров θ, λ и δ с использованием l, m и n битов определяет количество возможных типов косинусоидальных функций и соответствующих им типов ячеек, равное 2^{l+m+n}.

Конкретный тип квантованного косинусоидального триплета, представляющего информацию в рассматриваемой ячейке изображения отпечатка пальца, определяют с использованием критерия максимального правдоподобия в следующей последовательности:

1) нормируют данные ячейки изображения отпечатка пальца до интервала [–1; 1];

2) вычисляют меру различия яркости пикселей ячейки изображения отпечатка пальца и яркости пикселей каждого из возможных типов ячеек (пример вычисления меры различия приведен ниже);

3) выбирают тип ячейки, которому соответствует минимальная мера различия, вычисленная на предыдущем этапе;

4) выбирают косинусоидальный триплет, соответствующий выбранному типу ячейки, для представления данных ячейки изображения отпечатка пальца.

Мера различия для ячейки размером $S \times T$ пикселей (рисунок 4) может быть вычислена по формуле

$$D = |A_{1,1} - B_{1,1}| + |A_{1,2} - B_{1,2}| + ... + |A_{S,T} - B_{S,T}| .$$

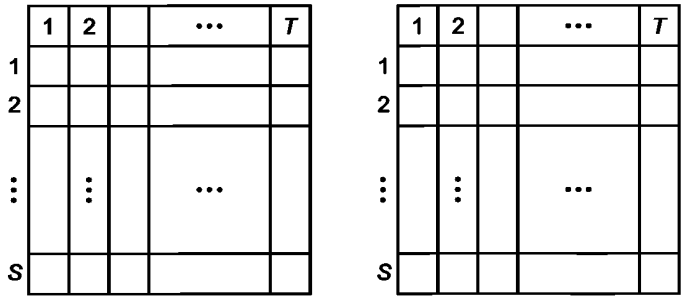


Рисунок 4 — Матрица $S \times T$ пикселей для ячейки изображения отпечатка пальца и подходящая структура ячейки

Примечание — Могут использоваться другие способы вычисления меры различия, отличные от приведенного выше, в частности, Евклидова мера.

В случае неопределенности, вызванной соответствием минимальной меры различия нескольким типам ячеек, необходимо выбрать тип ячейки, которому соответствует косинусоидальный триплет, выбранный из ряда возможных триплетов следующим образом:

1) выбирают косинусоидальный(ые) триплет(ы) с минимальным значением фазового сдвига δ;

2) из триплетов, выбранных на предыдущем этапе, выбирают косинусоидальный(ые) триплет(ы) с максимальной пространственной длиной волны λ;

3) из триплетов, выбранных на предыдущем этапе, выбирают триплет с минимальным углом распространения θ.

Если после выполнения этапа 1) или 2) остается единственный косинусоидальный триплет, то именно его следует использовать для представления данных ячейки изображения отпечатка пальца. Если после выполнения этапа 2) остается несколько типов возможных косинусоидальных триплетов, конкретный тип триплета выбирают на этапе 3).

При использовании метода квантованных косинусоидальных триплетов размер ячейки должен быть таким, чтобы число гребней было не более двух. На рисунке 3 показана ячейка, содержащая более двух гребней, однако это сделано в иллюстративных целях.

7.4.2 Дискретное преобразование Фурье

Ячейка изображения отпечатка пальца может быть представлена спектральными данными, полученными с использованием двумерного (2М) дискретного преобразования Фурье (ДПФ). Данные ячейки изображения отпечатка пальца представляют собой двумерный массив действительных значений яркости $h(s, t)$ размером $S \times T$, ДПФ которого может быть вычислено по формуле

$$H(k,l) = \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{t=0}^{T-1} h(s,t) e^{-j2\pi\left(\frac{ks}{S} + \frac{lt}{T}\right)},$$

где $k = 0,1, ... , S - 1$ и $l = 0,1, ... , T - 1$.

Следует отметить, что значениями функции $H(k, l)$ являются комплексные числа, хотя значениями яркости $h(s, t)$ являются действительные числа. Первоначальный массив значений яркости $h(s, t)$ может быть восстановлен с использованием обратного дискретного преобразования Фурье по формуле

$$h(s,t) = \frac{1}{ST} \sum_{k=0}^{S-1} \sum_{l=0}^{T-1} H(k,l) e^{j2\pi\left(\frac{ks}{S} + \frac{lt}{T}\right)},$$

где $s = 0,1, ... , S - 1$ и $t = 0,1, ... , T - 1$.

Обозначим пространственные частоты по осям *x* и *y* символами f_x и f_y, соответственно. Символами NQ_x и NQ_y обозначим частоты Найквиста по осям *x* и *y*, соответственно. Частота Найквиста по оси *x* равна разрешению изображения по оси *x*, деленному на 2. Аналогично частота Найквиста по оси *y* равна разрешению изображения по оси *y*, деленному на 2. В этом случае каждый элемент массива *H* (*k*, *l*), соответствующий пространственным частотам f_x и f_y $\left(f_x = \frac{k}{S} NQ_x, f_y = \frac{l}{T} NQ_y\right)$, где $k = 0,1, \ldots, S - 1$ и $l = 0,1, \ldots, T - 1$, является комплексным числом с модулем $\alpha_{k,l} = |H(k, l)|$ и аргументом $\delta_{k,l} = \angle H(k, l)$.

Диапазоны возможных значений модуля и аргумента комплексных чисел:

- α : [0; 255 *ST*), где число 255 — максимальное значением яркости одного пикселя;
- δ : [0°; 360°).

Представление параметра α с использованием *p* битов показано в таблице 4, а представление параметра δ с использованием *q* битов — в таблице 5.

Таблица 4 — *p*-битовое представление для α

Диапазон значений α	Двоичный *p*-битовый код	Десятичное значение α
$\left[0; \frac{1}{2^p} 255\ ST\right)$	0...000	0
$\left[\frac{1}{2^p} 255 ST; \frac{2}{2^p} 255 ST\right)$	0...001	$\frac{1}{2^p} 255\ ST$
$\left[\frac{2}{2^p} 255 ST; \frac{3}{2^p} 255 ST\right)$	0...010	$\frac{2}{2^p} 255\ ST$
...	...	...
$\left[\frac{2^p - 2}{2^p} 255 ST; \frac{2^p - 1}{2^p} 255 ST\right)$	1...110	$\frac{2^p - 2}{2^p} 255 ST$
$\left[\frac{2^p - 1}{2^p} 255 ST; 255 ST\right)$	1...111	$\frac{2^p - 1}{2^p} 255 ST$

Таблица 5 — *q*-битовое представление для δ

Диапазон значений δ	Двоичный *q*-битовый код	Десятичное значение δ
$\left[0; \frac{1}{2^q} \times 360\right)$	0...000	0
$\left[\frac{1}{2^q} 360; \frac{2}{2^q} 360\right)$	0...001	$\frac{1}{2^q} 360$
$\left[\frac{2}{2^q} 360; \frac{3}{2^q} 360\right)$	0...010	$\frac{2}{2^q} 360$
...	...	...
$\left[\frac{2^q - 2}{2^q} 360; \frac{2^q - 1}{2^q} 360\right)$	1...110	$\frac{2^q - 2}{2^q} 360$
$\left[\frac{2^q - 1}{2^q} 360; 360\right)$	1...111	$\frac{2^q - 1}{2^q} 360$

2М функция ДПФ для действительных сигналов обладает свойством эрмитовой симметрии, то есть число $H(k, l)$ является комплексно сопряженным с числом $H(S-k, T-l)$. Эрмитова симметрия приводит к избыточности двумерного массива $H(k, l)$, полученного в результате выполнения 2М ДПФ изображения отпечатка пальца. В результате выполнения 2М ДПФ массива действительных значений яркости пикселей, входящих в ячейку размером $S \times T$, получают:

- $\left(\frac{S-1}{2}+1\right)T$ уникальных комплексных составляющих, если S нечетное значение, и

- $\left(\frac{S}{2}+1\right)T$ уникальных комплексных составляющих, если S четное значение.

Следовательно, для восстановления полного изображения без потери точности необходимо сохранить первые $\left(\frac{S-1}{2}+1\right)$ столбцов массива $H(k, l)$, если S нечетное значение, или первые $\left(\frac{S}{2}+1\right)$ столбцов, если S четное значение. Сохранение меньшего числа компонентов и последующее восстановление изображения с их использованием приводит к потере информации, проявляющейся в искажении исходного изображения. Некоторые сокращенные наборы спектральных составляющих допускается использовать для восстановления контрольных точек отпечатков пальцев. Возможность использования определяется числом составляющих и методом их отбора.

При проведении спектрального разложения целого изображения отпечатка пальца следует учитывать необходимость сохранения энергии спектральных компонентов в пределах информативного диапазона пространственных частот. Для большинства людей информативный диапазон пространственных частот соответствует пространственной длине волны от 14 до 18 пикселей при разрешении изображения отпечатка пальца порядка 500 dpi. Другому разрешению изображения соответствует другая пространственная длина волны.

Если размеры ячеек больше длины волны периодически повторяющейся структуры папиллярных гребней, по крайней мере, в два раза, в спектре изображения отпечатка пальца будет преобладать одна составляющая с большой амплитудой. Данной составляющей соответствует пространственная длина волны одного порядка с длиной волны структуры папиллярных гребней.

Если размеры ячеек сопоставимы с длиной волны структуры папиллярных гребней или меньше ее, а также если в ячейке содержится бифуркация и/или окончание гребня, в спектре изображения отпечатка пальца может не быть преобладающих составляющих.

Для устранения эффекта Гиббса при восстановлении изображения с использованием ограниченного числа спектральных составляющих целесообразно применять оконную фильтрацию перед выполнением двумерного ДПФ. Хороший эффект дает использование для фильтрации изображения двумерного гауссиана. Использованию фильтрации окном Гаусса перед ДПФ аналогично применение фильтров Габора с заранее определенной длиной волны и направлением распространения. Описание фильтров Габора приведено в 7.4.3.

7.4.3 Фильтры Габора

Ячейка изображения отпечатка пальца может быть представлена спектральными данными, полученными с использованием 2М фильтра Габора. 2М фильтр Габора описывается функцией, которая является произведением гауссиана и комплексной экспоненты

$$G_{(\sigma, f, \theta)}(s,t) = e^{-\frac{s_1^2+t_1^2}{2\sigma^2}} \times e^{j2\pi f(s_1+t_1)},$$

где $s_1 = s\cos\theta + t\sin\theta$, $t_1 = -s\sin\theta + t\cos\theta$,

σ — стандартное отклонение гауссиана,

f — частота,

θ — угол, определяющий направление относительно оси x.

Следует отметить, что в общем случае стандартные отклонения гауссиана по осям абсцисс и ординат различны (σ_x, σ_y), однако при обработке изображений отпечатков пальцев считают, что $\sigma_x = \sigma_y = \sigma$, что позволяет использовать в формуле одно значение стандартного отклонения.

Данные о ячейке изображения отпечатка пальца содержатся в массиве вещественных чисел $h(s, t)$ размером $S \times T$. Для фильтрации необходимо провести свертку функции $h(s, t)$, описывающей изображение, с функцией $G_{(\sigma, f, \theta)}$, описывающей фильтр Габора по формуле

$$Z(s,t) = \sum_{x=0}^{S-1} \sum_{y=0}^{T-1} G_{(\sigma, f, \theta)}(s-x, t-y)\, h(s,t).$$

Результатом фильтрации является комплекснозначная функция, определяемая модулем Габора $\alpha_{s,t} = |Z(s,t)|$ и аргументом Габора $\delta_{s,t} = \angle Z(s,t)$. Фильтр Габора играет роль локального полосно-пропускающего фильтра с определенными полосами пропускания в пространственной и частотной областях.

При обработке изображений отпечатков пальцев пространственная частота f должна иметь порядок величины, обратной расстоянию между папиллярными гребнями, а угол θ должен принимать ряд значений с равным шагом из диапазона [0°; 180°).

Диапазоны возможных значений модуля и аргумента комплексных чисел:

- α : [0; 255 ST), где число 255 является максимальным значением яркости одного пикселя;
- δ : [0°; 360°).

Представление параметра α с использованием p битов приведено в таблице 6, а представление параметра δ с использованием q битов – в таблице 7.

Таблица 6 — p-битовое представление для α

Диапазон значений α	Двоичный p-битовый код	Десятичное значение α
$\left[0; \frac{1}{2^p} 255\ ST\right)$	0...000	0
$\left[\frac{1}{2^p} 255 ST; \frac{2}{2^p} 255 ST\right)$	0...001	$\frac{1}{2^p} 255\ ST$
$\left[\frac{2}{2^p} 255 ST; \frac{3}{2^p} 255 ST\right)$	0...010	$\frac{2}{2^p} 255\ ST$
...	...	...
$\left[\frac{2^p - 2}{2^p} 255 ST; \frac{2^p - 1}{2^p} 255 ST\right)$	1...110	$\frac{2^p - 2}{2^p} 255 ST$
$\left[\frac{2^p - 1}{2^p} 255 ST; 255 ST\right)$	1...111	$\frac{2^p - 1}{2^p} 255 ST$

Таблица 7 — q-битовое представление для δ

Диапазон значений δ	Двоичный q-битовый код	Десятичное значение δ
$\left[0; \frac{1}{2^й} 360\right)$	0...000	0
$\left[\frac{1}{2^й} 360; \frac{2}{2^й} 360\right)$	0...001	$\frac{1}{2^q} 360$
$\left[\frac{2}{2^й} 360; \frac{3}{2^й} 360\right)$	0...010	$\frac{2}{2^q} 360$
...	...	...
$\left[\frac{2^й - 2}{2^й} 360; \frac{2^й - 1}{2^й} 360\right)$	1...110	$\frac{2^q - 2}{2^q} 360$
$\left[\frac{2^й - 1}{2^й} 360; 360\right)$	1...111	$\frac{2^q - 1}{2^q} 360$

Спектральные составляющие, необходимые для сохранения информации о ячейке изображения, а также способ сохранения этих составляющих в поле спектральных данных изображения отпечатка пальца описаны в 8.2.2.2.

7.5 Качество группы ячеек

Ячейки изображения отпечатка пальца, определенные выше, формируют группы ячеек. Число ячеек в каждой группе определяется параметром зернистости: группа с параметром зернистости 1 состоит из одной ячейки; группа с параметром зернистости 2 состоит из четырех ячеек и имеет структуру 2×2. Каждой группе ячеек ставится в соответствие определенный показатель качества, причем большему значению показателя качества соответствует более высокое качество группы ячеек. На качество группы ячеек влияют разрядность шкалы градаций серого, линейность этой шкалы, дисторсия, положение ядра отпечатка пальца в пределах изображения и ряд других факторов.

8 Запись спектральных данных изображения отпечатка пальца

Формат записи спектральных данных изображения отпечатка пальца применяют для обеспечения взаимодействия между системами распознавания отпечатков пальцев с использованием спектральных данных. Формат записи содержит поля для хранения как стандартизированных, так и дополнительных (нестандартизированных) спектральных данных изображения отпечатка пальца. Список полей, из которых состоит запись, приведен в 8.1. В таблице 20 приведен список полей. Все данные представлены в двоичном формате за исключением идентификатора формата и номера версии стандарта, являющимися строками символов ASCII, заканчивающимися символом конца строки. В формате отсутствуют разделители записи или метки поля; разделение полей осуществляется по числу байтов.

Запись биометрических данных, установленная в настоящем стандарте, должна быть вложена в единую структуру форматов обмена биометрическими данными в качестве блока биометрических данных (ББД). Установлены три различных типа форматов ББД, предназначенных для записи данных изображения отпечатка пальца и кодируемых с помощью 16 битов:

- 10(0x000*A*): спектральные данные изображения отпечатка пальца, полученные с использованием квантованных косинусоидальных триплетов;
- 12(0x000*C*): спектральные данные изображения отпечатка пальца, полученные с использованием дискретного преобразования Фурье;
- 13(0x000*D*): спектральные данные изображения отпечатка пальца, полученные с использованием фильтра Габора.

Необходимо отметить, что тип формата ББД указывают в стандартном биометрическом заголовке записи биометрической информации в соответствии с ИСО/МЭК 19785-1. Ни в одном из полей, описанных ниже, тип формата ББД не указывают.

Запись спектральных данных изображения отпечатка пальца имеет следующую структуру (рисунок 5):

а) заголовок записи переменной длины, содержащий информацию обо всей записи в целом, включая число пальцев, с которых были сняты отпечатки, и общую длину записи в байтах;

б) запись для каждого пальца, состоящая из:

1) заголовка фиксированной длины (6 байтов), содержащего информацию о данных для одного пальца;

2) блока спектральных данных изображения отпечатка пальца, включающего в себя последовательность спектральных данных о каждой ячейке изображения отпечатка, за которой следуют данные о качестве изображения отпечатка пальца;

3) блока дополнительных данных, включающего в себя данные, определяемые производителем биометрического оборудования.

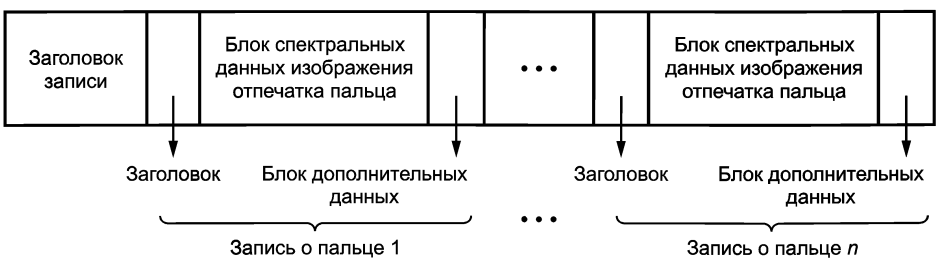


Рисунок 5 — Запись спектральных данных изображения отпечатка пальца

8.1 Заголовок записи

Каждая запись спектральных данных изображения отпечатка пальца должна иметь отдельный заголовок записи, содержащий информацию о наименовании и характеристиках биометрического устройства.

8.1.1 Идентификатор формата

Идентификатор формата должен состоять из символов «FSP», за которыми следует нулевой байт, являющийся нулевым символом завершения. Для записи идентификатора формата следует использовать четыре байта.

8.1.2 Номер версии стандарта

Номер версии данного стандарта, использованной для формирования записи спектральных данных изображения отпечатков пальцев, должен быть закодирован с использованием четырех байтов. Номер версии должен состоять из трех цифр в формате ASCII, за которыми следует нулевой байт, являющийся нулевым символом завершения. Первая и вторая цифры означают номер основной версии стандарта, а третья цифра — номер редакции. После утверждения настоящего стандарта номер версии должен быть «010» (символ ASCII «0», символ ASCII «1», символ ASCII «0»), что соответствует версии стандарта 1.0.

8.1.3 Длина записи

Длина (в байтах) полной записи спектральных данных изображений отпечатков пальцев должна быть записана в четырех байтах.

8.1.4 Число представлений пальцев

Число пальцев, информация о спектральных данных изображений отпечатков которых содержится в записи, должно быть закодировано в одном байте. Запись должна содержать спектральные данные изображения отпечатка не менее одного пальца.

8.1.5 Разрешение изображения по горизонтали

Разрешение по горизонтали изображений отпечатков каждого из пальцев должно быть закодировано в двух байтах. Значение разрешения должно быть в пикселях на сантиметр. Значение разрешения должно быть округлено до целого значения и не может быть равно нулю.

8.1.6 Разрешение изображения по вертикали

Разрешение по вертикали изображений отпечатков каждого из пальцев должно быть закодировано в двух байтах. Значение разрешения должно быть в пикселях на сантиметр. Значение разрешения должно быть округлено до целого значения и не может быть равно нулю.

8.1.7 Число ячеек по горизонтали

Информация о числе ячеек по горизонтали должна быть записана в двух байтах. Изображение отпечатка пальца должно содержать не менее одной ячейки по горизонтали.

8.1.8 Число ячеек по вертикали

Информация о числе ячеек по вертикали должна быть записана в двух байтах. Изображение отпечатка пальца должно содержать не менее одной ячейки по вертикали.

8.1.9 Число пикселей в ячейках по горизонтали

Информация о числе пикселей в ячейках по горизонтали должна быть записана в двух байтах.

8.1.10 Число пикселей в ячейках по вертикали

Информация о числе пикселей в ячейках по вертикали должна быть записана в двух байтах.

8.1.11 Число пикселей между центрами ячеек по горизонтали

Информация о числе пикселей между центрами смежных или перекрывающихся ячеек по горизонтали должна быть записана в двух байтах. Значение 0 в этом поле означает наличие только одной ячейки по горизонтали.

8.1.12 Число пикселей между центрами ячеек по вертикали

Информация о числе пикселей между центрами смежных или перекрывающихся ячеек по вертикали должна быть записана в двух байтах. Значение 0 в этом поле означает наличие единственной ячейки по вертикали.

8.1.13 Метод выбора спектральных составляющих

Настоящий стандарт устанавливает три возможных метода определения спектральных составляющих, использующихся для представления информации об изображении отпечатка пальца. Метод, использованный для получения спектральных составляющих, содержащихся в записи, должен быть закодирован в одном байте в соответствии с таблицей 8.

Таблица 8 — Метод выбора спектральных составляющих

Метод	Значение
Квантованные косинусоидальные триплеты	0
Дискретное преобразование Фурье	1
Фильтры Габора	2

8.1.14 Тип окна

Значение поля типа окна зависит от значения поля метода выбора спектральных оставляющих:

- если в поле метода выбора спектральных составляющих содержится значение 0, поле типа окна не требуется;

- если в поле метода выбора спектральных составляющих содержится значение 1, поле типа окна определяет тип окна, использующегося для предварительной фильтрации изображения отпечатка пальца; тип окна должен быть закодирован в одном байте в соответствии с таблицей 9

Таблица 9 — Тип ДПФ окна

Тип окна	Значение
Прямоугольное окно	0
Окно Гаусса	1

- если в поле метода выбора спектральных составляющих содержится значение 2, поле типа окна не требуется.

8.1.15 Стандартное отклонение

Значение поля стандартного отклонения зависит от значения полей метода выбора спектральных составляющих и типа окна:

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 0, поле стандартного отклонения не требуется;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 1 и поле типа окна имеет значение 0, поле стандартного отклонения не требуется;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 1 и поле типа окна имеет значение 1, поле стандартного отклонения требуется и описывает стандартное отклонение, входящее в формулу, определяющую форму окна Гаусса;

- если поле метода выбора спектральной составляющей имеет значение 2, поле стандартного отклонения требуется и описывает стандартное отклонение, входящее в формулу, определяющую фильтр Габора.

При необходимости стандартное отклонение σ должно кодироваться с использованием четырех байтов в виде значения с плавающей точкой.

8.1.16 Число частот

Значение поля числа частот зависит от значения поля метода выбора спектральных составляющих:

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 0 или 1, поле числа частот не требуется;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 2, поле числа частот требуется и определяет число частот, использующихся в фильтрах Габора. Информацию о числе частот записывают с использованием двух байтов. Целое число частот, указанное в поле числа частот, в дальнейшем используют для определения длины (в байтах) следующего поля, предназначенного для записи частот, использующихся в фильтре Габора (см. 8.1.17).

8.1.17 Частоты

Значение поля частот зависит от значения поля метода выбора спектральных составляющих:

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 0 или 1, поле частот не требуется;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 2, поле частот требуется и определяет частоты, использующиеся в фильтре Габора. Информация о каждой частоте должна быть

записана с использованием четырех байтов в виде значения с плавающей точкой. Если число определяемых частот больше одного, блоки из четырех байтов, содержащих информацию о каждой из частот, должны располагаться последовательно один за другим.

8.1.18 Число направлений

Значение поля числа направлений зависит от значения поля метода выбора спектральных составляющих:

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 0 или 1, поле числа направлений не требуется;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 2, поле числа направлений требуется и используется для определения числа равноотстоящих направлений в фильтре Габора. Для записи числа направлений используется один байт. Например, если число направлений равно четырем, угол θ принимает значения из ряда {0, 45, 90, 135}.

8.1.19 Число сохраняемых спектральных составляющих для каждой ячейки

Значение поля числа сохраняемых спектральных составляющих для каждой ячейки зависит от значения поля метода выбора спектральных составляющих:

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 0, информация о спектральных данных ячейки сохраняется с использованием триплета значений θ, λ и δ, определяющих косинусоидальную функцию, которая ставится в соответствие данной ячейке; в этом случае поле числа сохраняемых спектральных составляющих не используется;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 1, поле числа сохраняемых спектральных составляющих обязательно и состоит из пяти байтов. Структура поля числа сохраняемых спектральных составляющих приведена в таблице 10

Таблица 10

Сохраняемые спектральные составляющие	Значение старшего байта	Параметр	Значение четырех младших байтов
Все уникальные составляющие	0	Не используется	0
K составляющих, $K \geq 1$	1	K	От 1 до $(2^{32} — 1)$
Сохранены для дальнейшего использования	От 2 до 255	Не используется	0

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 2, поле числа сохраняемых спектральных составляющих обязательно и состоит из одного байта. Структура поля сохраняемых спектральных составляющих приведена в таблице 11

Таблица 11

Сохраняемые спектральные составляющие	Значение
Угол фильтра с максимальной энергией	0
Все модули Габора	1
Все модули и аргументы Габора	2
Сохранены для дальнейшего использования	От 3 до 255
Примечание — В настоящем стандарте энергия фильтра определена как квадрат модуля Габора α^2.	

8.1.20 Число битов, кодирующих угол распространения косинусоидальной функции

Значение поля числа битов, кодирующих угол распространения, зависит от значения поля метода выбора спектральных составляющих:

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 0, поле числа битов, кодирующих угол распространения, требуется и определяет число битов, использующихся для представления углов распространения косинусоидальной функции. Информацию о числе битов записывают с использованием одного байта;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 1 или 2, поле числа битов, кодирующих угол распространения, не требуется.

8.1.21 Число битов, кодирующих длину волны косинусоидальной функции

Значение поля числа битов, кодирующих длину волны, зависит от значения поля метода выбора спектральных составляющих:

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 0, поле числа битов, кодирующих длину волны, требуется и определяет число битов, использующихся для представления длин волн косинусоидальной функции. Информацию о числе битов записывают с использованием одного байта;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значения 1 или 2, поле числа битов, кодирующих длину волны, не требуется.

8.1.22 Число битов, кодирующих фазовый сдвиг

Значение поля числа битов, кодирующих фазовый сдвиг, зависит от значения полей метода выбора спектральных составляющих и числа сохраняемых спектральных составляющих:

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 0, поле числа битов, кодирующих фазовый сдвиг, требуется и определяет число битов, использующихся для представления фазового сдвига косинусоидальной функции. Информацию о числе битов записывают с использованием одного байта;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 1, поле числа битов, кодирующих фазовый сдвиг, требуется и определяет число битов, использующихся для представления аргумента спектральных компонент, полученных в результате ДПФ. Информацию о числе битов записывают с использованием одного байта;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 2, а поле числа сохраняемых спектральных составляющих для каждой ячейки имеет значения 0 или 1, поле числа битов, кодирующих фазовый сдвиг, не требуется;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 2, а поле числа сохраняемых спектральных составляющих для каждой ячейки имеет значение 2, поле числа битов, кодирующих фазовый сдвиг, требуется и определяет число битов, использующихся для представления аргумента Габора. Информацию о числе битов записывают с использованием одного байта.

8.1.23 Число битов, кодирующих модуль

Значение поля числа битов, кодирующих модуль, зависит от значения полей метода выбора спектральных составляющих и числа сохраняемых спектральных составляющих:

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 0, поле числа битов, кодирующих модуль, не требуется;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 1, поле числа битов, кодирующих модуль, требуется и определяет число битов, использующихся для представления модуля спектральных компонентов, полученных в результате ДПФ. Информацию о числе битов записывают с использованием одного байта;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 2, а поле числа сохраняемых спектральных составляющих имеет значение 0, поле числа битов, кодирующих модуль, не требуется;

- если поле метода выбора спектральных составляющих имеет значение 2, а поле числа сохраняемых спектральных составляющих имеет значения 1 или 2, поле числа битов, кодирующих модуль, требуется и определяет число битов, использующихся для представления модуля Габора. Информацию о числе битов записывают с использованием одного байта.

8.1.24 Число битов, кодирующих показатель качества

Информация о числе битов, кодирующих показатель качества групп ячеек, должна быть записана с использованием одного байта.

8.1.25 Параметр зернистости группы ячеек

Параметр зернистости группы ячеек записывают с использованием одного байта. Данный параметр определяет число ячеек в группе в направлении оси абсцисс (а также число ячеек в группе в направлении оси ординат, поскольку число ячеек в группе в горизонтальном и вертикальном направлениях одинаковое). Таким образом, размер группы ячеек (число ячеек, входящих в группу) равен квадрату параметра зернистости. Все ячейки справа и снизу изображения, которых недостаточно для образования соответствующей группы, должны быть исключены.

8.1.26 Зарезервированные байты

Для последующих редакций настоящего стандарта зарезервировано два байта. Для текущей версии стандарта 1.0 значения битов этих двух байтов должны быть равны нулю.

8.2 Запись данных одного пальца

8.2.1 Заголовок

Каждая секция записи данных одного пальца должна начинаться с заголовка, в котором приведена информация об изображении отпечатка данного пальца. Изображению отпечатка каждого пальца, содержащегося в записи спектральных данных изображения отпечатка пальца, должен соответствовать один заголовок, в совокупности занимающий шесть байтов.

8.2.1.1 Локализация пальца

Локализация пальца должна быть записана в одном байте. Допустимые значения для этого байта приведены в таблице 12 (таблица заимствована из ANSI/NIST-ITL 1-2000). Допускается использовать только коды от 0 до 10, соответствующие изображениям прокатанного отпечатка пальца. Коды от 11 до 14 соответствуют изображениям плоского отпечатка пальца и включены в таблицу исключительно в ознакомительных целях.

Таблица 12 — Коды локализации

Положение пальца	Значение
Неизвестный палец	0
Правый большой	1
Правый указательный	2
Правый средний	3
Правый безымянный	4
Правый мизинец	5
Левый большой	6
Левый указательный	7
Левый средний	8
Левый безымянный	9
Левый мизинец	10
Правый большой (плоский отпечаток)	11
Левый большой (плоский отпечаток)	12
Правые указательный, средний, безымянный и мизинец (плоские отпечатки)	13
Левые указательный, средний, безымянный и мизинец (плоские отпечатки)	14

8.2.1.2 Тип отпечатка пальца

Тип отпечатка(ов) пальца(ев) должен быть указан в одном байте. В таблице 13 настоящего стандарта приведены допустимые значения поля «Тип отпечатка». Типы «неживой» плоский отпечаток и «неживой» отпечаток, полученный методом прокатки, относятся к изображениям, полученным в электронной форме с промежуточных материальных носителей, например путем сканирования бумажных бланков дактилокарт и т. п. Таблица 13 настоящего стандарта соответствует таблице 4 ANSI/NIST-ITL 1-2000 с добавлением типа отпечатка, полученного методом протяжки. Протяжка — метод получения отпечатка пальца, при котором палец вручную перемещают поперек одномерного датчика с целью формирования двумерного изображения. Настоящий стандарт допускает использование в качестве значений поля «Тип отпечатка пальца» значения 0, 1, 2, 3 и 8. Использование в качестве типа отпечатка пальца группы «след отпечатка пальца» (значения от 4 до 7) настоящим стандартом не допускается.

Таблица 13 — Тип отпечатка пальца

Описание	Код
«Живой» плоский отпечаток	0
«Живой» отпечаток, полученный методом прокатки	1
«Неживой» плоский отпечаток	2
«Неживой» отпечаток, полученный методом прокатки	3
Оттиск следа отпечатка	4
Скалькированный след отпечатка	5
Фотография следа отпечатка	6
След отпечатка	7
Отпечаток, полученный методом протяжки	8
Зарезервированный	9

8.2.1.3 Число изображений отпечатков одного пальца

Некоторые биометрические системы могут осуществлять сканирование изображений нескольких отпечатков одного пальца. Общее число изображений должно быть указано в одном байте.

8.2.1.4 Качество изображения отпечатка пальца

Качество изображения отпечатка пальца должно находиться в интервале от 0 до 101 и быть указано в одном байте. Данная количественная характеристика является общим выражением качества отпечатка пальца. Значение 0 представляет собой минимально возможное значение качества, а значение 100 — максимально возможное значение качества. Численные значения в данном поле должны быть установлены в соответствии с общими рекомендациями, приведенными в 7.56.5 ИСО/МЭК 19784-1. Кроме того, значение качества 101 указывает на то, что полученное изображение отпечатка пальца соответствует приложению F Спецификации [1].

8.2.1.5 Длина блока спектральных данных изображения отпечатка пальца

Общая длина блока спектральных данных изображения отпечатка пальца и блока дополнительных данных должна быть записана в двух байтах.

8.2.2 Блок спектральных данных изображения отпечатка пальца

8.2.2.1 Номер изображения

Перед спектральными данными изображения отпечатка пальца должен быть приведен номер изображения отпечатка пальца, который, начиная с 0, указывает каждое изображение отпечатка пальца, содержащееся в записи. Для записи номера изображения должен быть использован один байт.

8.2.2.2 Спектральные данные изображения отпечатка пальца

Спектральные данные изображения отпечатка пальца должны храниться в упакованном формате. Сначала сохраняют данные, соответствующие левой верхней ячейке, затем – данные, соответствующие ячейке, расположенной справа от первой ячейки и так далее до последней ячейки в первой строке; затем сохраняют последующие строки. Если размер (в битах) полностью закодированных спектральных данных изображения отпечатка пальца не делится на 8, необходимо дополнять конец блока данных нулями до тех пор, пока размер не станет кратным 8.

Пусть n — число битов, необходимое для кодирования данных одной ячейки. Тогда длина, *ldb* (в байтах), спектральных данных изображения отпечатка пальца (с учетом дополнения блока данных нулями) может быть вычислена следующим образом:

a = (*число ячеек в направлении x*) (*число ячеек в направлении y*) n *битов*;

b = *остаток от деления a на 8*;

если $b = 0$, то *ldb* = $a/8$ байтов;

если $b \neq 0$, то *ldb* = $(a + (8 - b))/8$ байтов.

Число битов, необходимое для кодирования данных одной ячейки, зависит от использованного метода выбора спектральной составляющей. Учитывая тот факт, что существует переменное число спектральных составляющих, которые могут быть сохранены для каждой ячейки, необходимо описать присвоение имен и порядок следования спектральных составляющих, которые сохраняются в записи. Если поле метода выбора спектральной составляющей имеет значение:

- 0, то спектральные составляющие, которые должны быть сохранены, включают в себя угол распространения θ, длину волны λ и сдвиг фаз δ в указанном порядке;

- 1, и старший значащий байт поля количества сохраняемых спектральных составляющих для каждой ячейки имеет значение:

- 0, то должны быть сохранены все уникальные 2М ДПФ спектральные компоненты, характеризуемые модулем α и аргументом δ. Элементы должны быть упорядочены по возрастанию пространственных частот f_x, а затем f_y, как показано ниже:

$\alpha_{f_0 f_0}$	$\delta_{f_0 f_0}$	$\alpha_{f_1 f_0}$	$\delta_{f_1 f_0}$	...	$\alpha_{f_{final}\, f_0}$	$\delta_{f_{final}\, f_0}$	$\alpha_{f_0 f_1}$	$\delta_{f_0 f_1}$	...	$\delta_{f_{final}\, f_{final}}$

- 1, $K \geq 1$, то 2М ДПФ спектральные компоненты должны быть записаны в следующем порядке: индексы k и l, связанные с частотами f_x и f_y соответственно, за которыми следует модуль α и аргумент δ.

Нет необходимости сохранять действительные значения пространственных частот f_x и f_y в формате с плавающей точкой, поскольку они могут быть вычислены с использованием целочисленных индексов $k \in \{0, ..., S-1\}$ и $l \in \{0, ..., T-1\}$ и разрешения изображения в горизонтальном и вертикальном направлениях, где S и T — число пикселей в ячейках по горизонтали и вертикали соответственно.

Индексы k и l должны быть записаны с использованием переменного числа битов в соответствии со значениями S и T соответственно; индекс k требует кодирования в $\lceil \log_2 S \rceil$ битах, а l — в $\lceil \log_2 T \rceil$ битах. Число битов, необходимое для хранения α и δ, зависит от числа градаций, установленных для этих параметров;

- 2, и поле числа спектральных составляющих для каждой ячейки имеет значение:

- 0, то должен быть записан индекс r, который представляет угол поворота θ, соответствующий направлению фильтра с максимальной энергией. Если необходимо определить не направление фильтра, а направление папиллярного гребня, к углу поворота θ необходимо прибавить 90° (таблица 14). Число битов, необходимых для хранения индекса r, определяется значением поля числа направлений. Если поле числа направлений имеет значение M, число битов m, необходимых для хранения индекса r, равно $m = \lceil \log_2 M \rceil$

Таблица 14 — Угол Габора

Угол поворота θ	Двоичный m-битовый код	Десятичное значение угла, определяющего направление папиллярного гребня
0	0...000	90
$\frac{1}{2^m} 180$	0...001	$\frac{1}{2^m} 180 + 90$
$\frac{2}{2^m} 180$	0...010	$\frac{2}{2^m} 180 + 90$
...	...	...
$\frac{2^m - 2}{2^m} 180$	1...110	$\frac{2^m - 2}{2^m} 180 + 90$
$\frac{2^m - 1}{2^m} 180$	1...111	$\frac{2^m - 1}{2^m} 180 + 90$

- 1, то должны быть записаны модули Габора α для всех установленных частот f и направлений, задаваемых углами поворота θ. Порядок следования данных указан в таблице 15;

- 2, то должны быть записаны модули Габора α и аргументы Габора δ, для всех установленных частот f и направлений, задаваемых углами поворота θ. Порядок следования данных указан в таблице 15.

К ячейке изображения отпечатка пальца могут быть применены несколько фильтров Габора с различным значением угла поворота θ (в соответствии с 8.1.16) и частоты f (в соответствии с 8.1.18). Если к

ячейке применены несколько фильтров Габора, то в поле спектральных данных изображения отпечатка пальца сначала записывают всю информацию, относящуюся к первой ячейке, затем — информацию, относящуюся ко второй и последующим ячейкам, в порядке, определенном в таблице 15.

Таблица 15 — Порядок следования данных при использовании фильтра Габора

n битов, полученных после применения $G_{(\sigma, f_0, \theta_0)}(s,t)$ к первой ячейке	*n* битов, полученных после применения $G_{(\sigma, f_0, \theta_1)}(s,t)$ к первой ячейке	...	*n* битов, полученных после применения $G_{(\sigma, f_0, \theta_{final})}(s,t)$ к первой ячейке	*n* битов, полученных после применения $G_{(\sigma, f_1, \theta_0)}(s,t)$ к первой ячейке	...	*n* битов, полученных после применения $G_{(\sigma, f_{final}, \theta_{final})}(s,t)$ к первой ячейке	*n* битов, полученных после применения $G_{(\sigma, f_0, \theta_0)}(s,t)$ к второй ячейке	...

Число битов *n*, необходимое для хранения спектральных составляющих, зависит от числа градаций модуля и аргумента Габора.

8.2.2.3 Данные о качестве ячеек

Данные о качестве ячеек должны следовать за спектральными данными изображения отпечатка пальца и храниться в упакованном формате. Сначала сохраняют данные, соответствующие левой верхней группе ячеек, затем — данные, соответствующие группе, расположенной справа от первой группы и так далее до достижения последней группы в первой строке, после чего сохраняют последующие строки. Если размер (в битах) полностью закодированных данных о качестве ячеек не делится на 8, необходимо дополнять конец блока данных нулями до тех пор, пока размер не станет кратным 8.

Обозначим *g* параметр зернистости группы ячеек, а *n* — число битов, использующихся для представления степени качества с определенным числом градаций. Тогда длина *lqd* (в байтах) данных о качестве ячеек изображения отпечатка пальца (с учетом дополнения блока данных нулями) может быть вычислена следующим образом:

$a = \lfloor$(*число ячеек в направлении x*)$/g \rfloor \lfloor$(*число ячеек в направлении y*)$/g \rfloor$ *n битов*;

b = *остаток от деления a на 8*;

если $b = 0$, то *lqd* = *a*/8 байтов;

если $b \neq 0$, то *lqd* = *(a + (8 – b))*/8 байтов.

Представление параметра зернистости *g* с использованием *n* битов приведено в таблице 16.

Таблица 16 — *n*-битовое представление параметра зернистости *g* группы ячеек

Диапазон значений параметра зернистости *g*	Двоичный *n*-битовый код	Целочисленное значение *g*
[0; 1)	0...000	0
[1; 2)	0...001	1
[2; 3)	0...010	2
...	...	...
$[2^n - 2; 2^n - 1)$	1...110	$2^n - 2$
$[2^n - 1; 2^n)$	1...111	$2^n - 1$

8.2.3 Блок дополнительных данных

Блок дополнительных данных используют для ввода дополнительной информации, которая может быть востребована устройствами биометрической идентификации. Этот блок данных дополняет блок спектральных данных изображения отпечатка пальца и должен быть как можно меньшего размера. Блок дополнительных данных для каждого изображения отпечатка пальца должен следовать непосредственно за блоком спектральных данных этого изображения и начинаться с поля длины блока дополнительных данных (таблица 17). Спектральные данные каждого изображения могут быть дополнены несколькими областями дополнительных данных; в этом случае поле длины блока дополнительных данных содержит совокупную длину всех упомянутых областей. Длину блока данных используют в качестве признака существо-

вания дополнительных данных, в то время как индивидуальные поля длины блока дополнительных данных используют в качестве индексов для поиска дополнительных данных. Необходимо отметить, что блок дополнительных данных может использоваться только совместно с блоком спектральных данных.

Таблица 17 — Блок дополнительных данных

Длина блока дополнительных данных равна *b*	Код типа области дополнительных данных	Длина области дополнительных данных равна *n*	Область дополнительных данных	...	Код типа области дополнительных данных	Длина области дополнительных данных равна *p*	Область дополнительных данных
2 байта	2 байта	2 байта	*n* байтов		2 байта	2 байта	*p* байтов

b байтов присутствуют только в том случае, если длина блока дополнительных данных не равна нулю

8.2.3.1 Длина блока дополнительных данных

Все записи спектральных данных изображения отпечатка пальца должны содержать поле длины блока дополнительных данных. Данное поле должно быть записано в двух байтах и указывать на существование дополнительных данных. Нулевое значение (0x0000) указывает на отсутствие дополнительных данных, а также на то, что файл закончен или будет продолжен данными изображения следующего пальца. Ненулевое значение указывает длину всех дополнительных данных (в байтах), начиная со следующего байта. За полем длины блока следуют поле, содержащее код типа области дополнительных данных (см. 8.2.3.2), поле, содержащее длину области дополнительных данных (см. 8.2.3.3) и область дополнительных данных (см. 8.2.3.4).

8.2.3.2 Код типа области дополнительных данных

Код типа области дополнительных данных должен быть записан в двух байтах и определяет формат области дополнительных данных (определенный производителем, сведения о котором содержатся в полях «производитель» и «тип биометрического устройства» стандартного биометрического заголовка в соответствии с ИСО/МЭК 19794). Нулевое значение обоих байтов зарезервировано и не может быть использовано. Нулевое значение первого байта, за которым следует ненулевое значение второго байта, указывает на то, что область дополнительных данных имеет формат, установленный в настоящем стандарте. Ненулевое значение первого байта указывает на то, что область дополнительных данных имеет формат, установленный производителем, который также определяет код типа области. Возможные значения байтов кода типа области дополнительных данных приведены в таблице 18.

Таблица 18 — Коды типа области дополнительных данных

Первый байт	Второй байт	Идентификация
0x00	0x00	Зарезервирован
0x00	0x01	Зарезервирован
0x00	0x02	Данные о ядре и дельте (см. 8.2.3.5)
0x00	0x03	Зарезервирован
0x00	0x04 – 0xFF	Зарезервирован
0x01 – 0xFF	0x00	Зарезервирован
0x01 – 0xFF	0x01 – 0xFF	Расширенные данные, определенные производителем

8.2.3.3 Длина области дополнительных данных

Длина области дополнительных данных (в байтах), включая идентификатор производителя и длину полей данных, должна быть записана в двух байтах. Данное значение используют для перехода к следу-

ющим областям дополнительных данных, если устройство биометрической идентификации не может декодировать и использовать данные, содержащиеся в данной области. Если длина блока дополнительных данных (см. 8.2.3.1) для данного изображения отпечатка пальца равна нулю, что указывает на отсутствие дополнительных данных, поле длины области дополнительных данных также должно отсутствовать.

8.2.3.4 Область дополнительных данных

Область дополнительных данных определяется оборудованием, формирующим запись спектральных данных изображения отпечатка пальца, или форматом расширенных данных ядра и дельты, установленным в настоящем стандарте. Если длина блока дополнительных данных (см. 8.2.3.1) для данного изображения отпечатка пальца равна нулю, что указывает на отсутствие дополнительных данных, область дополнительных данных также должна отсутствовать.

8.2.3.5 Блок данных о ядре и дельте

Если код типа области дополнительных данных имеет значение 0x0002, то область дополнительных данных содержит информацию о ядре и дельте. Данный формат обеспечивает возможность сохранения дополнительной информации о расположении и характеристиках ядер и дельт на изображении отпечатка пальца. В данном блоке сохраняется информация только о расположении ядер и дельт, находящихся в пределах рассматриваемой ячейки. Расположение ядер и дельт определяют с использованием всего набора гребней на отпечатке пальца. Отпечаток пальца может содержать любое число ядер и дельт, в частности, ядра и/или дельты могут отсутствовать. Блок данных о ядре и дельте может также содержать информацию о пространственной ориентации ядра и дельты. Для хранения информации о ядрах и дельтах предназначены поля, описания которых приведены ниже.

8.2.3.5.1 Число ядер

Информация о числе ядер должна быть записана в четырех старших битах первого байта блока данных о ядре и дельте. Диапазон допустимых значений должен быть от 0 до 15.

8.2.3.5.2 Признак выравнивания ячеек

Данное поле содержит признак выравнивания ячеек и должно быть записано в двух битах, непосредственно следующих за полем числа ядер. Значение 1 или 2 в данном поле указывает на то, что фрагментация изображения (см. 7.3) была проведена с выравниванием ячейки по первому ядру или по первой дельте соответственно.

Первым ядром (или дельтой) считают первое пронумерованное ядро (или дельту), полученное при растровом сканировании отпечатка пальца с левого верхнего угла[1)].

Подобное выравнивание предполагает, что расположение первого ядра (или дельты) определяет положение угла одной или более ячеек. На рисунке 6 в качестве примера показаны первое ядро и первая дельта, определяющие положение угла четырех неперекрывающихся ячеек.

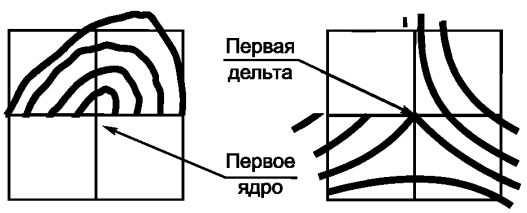


Рисунок 6 — Неперекрывающиеся ячейки, выровненные по первому ядру и первой дельте

В случае неперекрывающихся ячеек необходима дополнительная информация, определяющая, какая из четырех ячеек, окружающих первое ядро или дельту, используется для выравнивания. Данная информация содержится в двух битах, непосредственно следующих за битами признака выравнивания ячеек.

Остальные ячейки изображения отпечатка пальца выравнивают в соответствии с выбранной ячейкой.

Если в поле признака выравнивания ячеек содержится нулевое значение, информация о выравнивании ячеек по первому ядру или первой дельте отсутствует. Значение 3 в поле признака выравнивания ячеек предназначено для будущего использования.

[1)] Изображением отпечатка пальца считают изображение после предварительной обработки в соответствии с 7.2.

8.2.3.5.3 Способ выравнивания ячеек

Данное поле следует использовать совместно с признаком выравнивания ячеек для определения одной из четырех возможных ячеек, которую используют для выравнивания. Информация о способе выравнивания ячеек содержится в двух битах, непосредственно следующих за битами признака выравнивания ячеек. Допустимые значения поля и соответствующие этим значениям способы выравнивания приведены в таблице 19.

Таблица 19 — Способы выравнивания ячеек

Ячейка, используемая для выравнивания	Значение битов в поле способа выравнивания ячеек
Левая верхняя	0
Правая верхняя	1
Левая нижняя	2
Правая нижняя	3

Если значение признака выравнивания ячеек равно нулю, что соответствует отсутствию информации о выравнивании ячеек, поле способа выравнивания ячеек следует считать зарезервированным; при этом оба бита данного поля должны иметь нулевое значение.

8.2.3.5.4 Тип информации о ядре

Следующие два байта блока данных о ядре и дельте содержат два поля: тип информации о ядре и абсциссу ядра (координату *x*). Тип информации о ядре должен быть записан в двух старших битах этих байтов. Значение битов «01» указывает на то, что в информации о ядре содержится информация о пространственной ориентации ядра; значение битов «00» — на то, что информация об ориентации ядра отсутствует. В этом случае поля для записи информации об ориентации ядра также должны отсутствовать.

8.2.3.5.5 Абсцисса ядра *x*

Если на изображении отпечатка присутствует контрольная точка окончания гребня вблизи самого внутреннего загиба гребня, то расположение ядра определяют по расположению контрольной точки окончания гребня, наиболее близкой к гребневой линии, имеющей максимальный изгиб. Если ядро имеет вид перевернутого символа «U» без ближайших контрольных точек окончания гребня, то расположение ядра определяют по расположению соответствующей контрольной точки окончания впадины.

Абсцисса ядра *x* должна быть записана в 14 младших битах второго и третьего байтов блока данных о ядре и дельте. Абсцисса ядра *x* должна быть выражена в пикселях с учетом разрешения, указанного в заголовке записи, и определена по отношению к началу координат левой верхней ячейки на изображении отпечатка пальца.

8.2.3.5.6 Ордината ядра *y*

Ордината ядра *y* должна быть записана в 14 младших битах двух байтов, следующих за байтами, содержащими абсциссу ядра *x*. Два старших бита поля ординаты ядра *y* являются зарезервированными и должны иметь нулевое значение. Ордината ядра *y* должна быть выражена в пикселях с учетом разрешения, указанного в заголовке записи, и должна быть определена по отношению к началу координат левой верхней ячейки на изображении отпечатка пальца.

8.2.3.5.7 Ориентация ядра

Если ядро характеризуется выраженным направлением, то значение угла этого направления должно быть записано в поле «Ориентация ядра». Ядро характеризуется выраженным направлением, если есть папиллярный гребень или группа гребней, расположенных вдоль данного направления. Ориентацию ядра определяют по значению угла касательной к гребневым линиям, расположенным вблизи ядра; направление касательной следует измерять с открытой стороны выпуклого гребня.

Угол ориентации ядра должен быть записан с использованием одного байта. Для этого угол ориентации ядра квантуется с шагом квантования, равным 1,40625 = (360/256)°. В поле ориентации ядра может быть записано неотрицательное значение из диапазона [0; 255]. Например, угловое значение 16 соответствует углу ориентации ядра с мерой 22,5°. Если в поле типа информации о ядре (8.2.3.5.4) содержится значение «00», поле для записи ориентации ядра должно отсутствовать.

Примеры расположения ядер и дельт приведены на рисунке 7.



Рисунок 7 — Примеры расположения ядер и дельт

8.2.3.5.8 Число дельт

Информация о числе дельт должна быть записана в четырех старших битах следующего байта блока данных о ядре и дельте. Допустимые значения должны находиться в диапазоне от 0 до 15. Четыре младших бита данного байта зарезервированы и должны иметь нулевые значения.

8.2.3.5.9 Тип информации о дельте

Тип информации о дельте должен быть записан в двух старших битах старшего байта, содержащего абсциссу дельты *x*. Значение битов «01» указывает на то, что содержится информация о пространственной ориентации дельты; значение битов «00» указывает на то, что информация об ориентации дельты отсутствует. В этом случае поля для записи информации об ориентации дельты также должны отсутствовать.

8.2.3.5.10 Абсцисса дельты *x*

Для определения расположения дельты необходимо установить три дополнительные точки, каждая из которых расположена между двумя соседними гребнями в области расхождения гребней, то есть в той области, в которой параллельные или почти параллельные гребневые линии расходятся при приближении к дельте. Расположение дельты следует определять как центр масс этих трех точек.

Абсцисса дельты *x* должна быть записана в 14 младших битах двух байтов, следующих за байтом, содержащим информацию о числе дельт. Абсцисса дельты *x* должна быть выражена в пикселях с учетом разрешения, указанного в заголовке записи, и должна быть определена по отношению к началу координат левой верхней ячейки на изображении отпечатка пальца.

8.2.3.5.11 Ордината дельты *y*

Ордината дельты *y* должна быть записана в 14 младших битах двух байтов, следующих за байтами, содержащими абсциссу дельты *x*. Два старших бита поля ординаты дельты *y* являются зарезервированными и должны иметь нулевое значение. Ордината дельты *y* должна быть выражена в пикселях с учетом разрешения, указанного в заголовке записи, и должна быть определена по отношению к началу координат левой верхней ячейки на изображении отпечатка пальца.

8.2.3.5.12 Ориентация дельты

Для всех расхождений гребневых линий определяют угол наклона касательной к гребням в точке, расположенной до расхождения линий гребней. Угол следует измерять от точки расхождения параллельных гребней в направлении от дельты.

Каждый из трех угловых признаков дельты должен быть записан с использованием одного байта. Для этого угловые признаки квантуют с шагом квантования равным 1,40625 = (360/256)°. В поле углового признака дельты может быть записано неотрицательное значение из диапазона [0; 255]. Например, угловое значение 16 соответствует угловому признаку дельты с мерой 22,5°. Если в поле типа информации о дельте (8.2.3.5.9) содержится значение «00», поле для записи ориентации дельты должно отсутствовать. Если не все три угла дельты могут быть определены из-за наличия шумов или обрезанного изображения, то в поля неопределенных углов следует записать повторяющееся значение любого другого определенного угла данной дельты.

8.2.3.5.13 Структура формата данных ядра и дельты

Структура формата данных ядра и дельты приведена на рисунке 8.

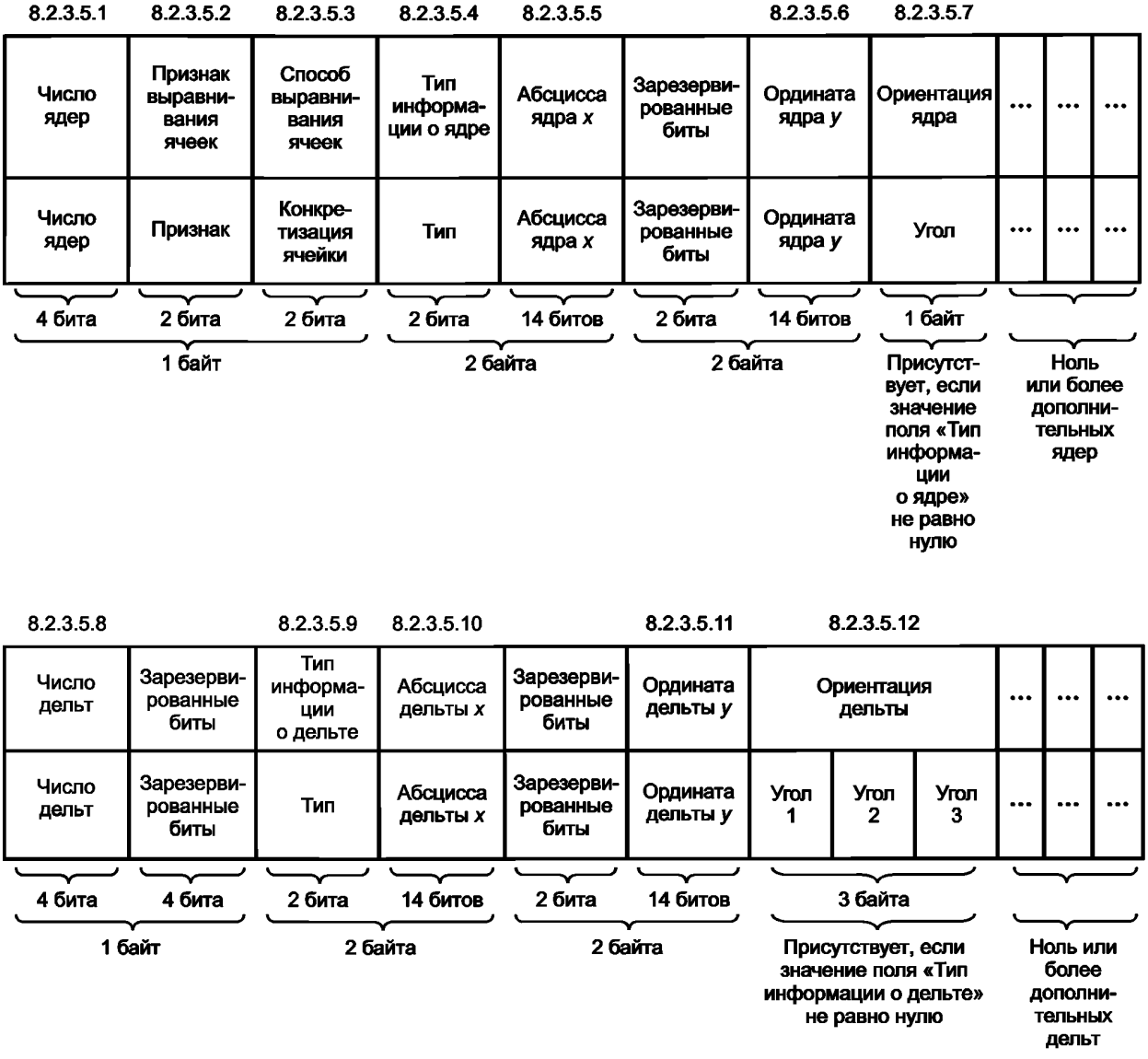


Рисунок 8 — Структура формата данных ядра и дельты

8.3 Структура формата записи спектральных данных изображения отпечатка пальца

Структура и поля формата записи спектральных данных изображения отпечатка пальца приведены в таблице 20.

Таблица 20 — Структура и поля формата записи спектральных данных изображения отпечатка пальца

	Поле	Размер, байты	Допустимые значения	Примечание
Заголовок записи	Идентификатор формата	4	0x46535000 («F», «S», «P», 0x00)	«FSP» (Finger pattern SPectral) спектральные данные изображения отпечатка пальца
	Номер версии стандарта	4	0x30313000 («0», «1», «0», 0x00)	Номер версии настоящего стандарта: основной номер версии 01, номер редакции 0

Продолжение таблицы 20

	Поле	Размер, байты	Допустимые значения	Примечание
Заголовок записи	Длина записи	4	От 47 до $2^{32} - 1$	Определяет число байтов в записи. Длина записи — сумма длин полей записи
	Число представлений пальцев	1	От 1 до 255	
	Разрешение изображений по горизонтали	2	От 1 до $2^{16} - 1$	Округляют до целого значения и указывают в точках на сантиметр
	Разрешение изображений по вертикали	2	От 1 до $2^{16} - 1$	Округляют до целого значения и указывают в точках на сантиметр
	Число ячеек по горизонтали	2	От 1 до $2^{16} - 1$	
	Число ячеек по вертикали	2	От 1 до $2^{16} - 1$	
	Число пикселей в ячейках по горизонтали	2	От 1 до $2^{16} - 1$	
	Число пикселей в ячейках по вертикали	2	От 1 до $2^{16} - 1$	
	Число пикселей между центрами ячеек по горизонтали	2	От 0 до 255	0 означает наличие единственной ячейки по горизонтали
	Число пикселей между центрами ячеек по вертикали	2	От 0 до 255	0 означает наличие единственной ячейки по вертикали
	Метод выбора спектральных составляющих (МВСС)	1	0, 1, 2	
	Тип окна			Если поле «МВСС» имеет значение 0, поле «тип окна» отсутствует
		1	0,1	Если поле «МВСС» имеет значение 1
				Если поле «МВСС» имеет значение 2, поле «тип окна» отсутствует
	Стандартное отклонение			Если поле «МВСС» имеет значение 0, поле «стандартное отклонение» отсутствует
				Если поле «МВСС» имеет значение 1 и поле «тип окна» имеет значение 0, поле «стандартное отклонение» отсутствует

Продолжение таблицы 20

	Поле	Размер, байты	Допустимые значения	Примечание
Заголовок записи	Стандартное отклонение	4	От 0 до $2^{32} - 1$	Если поле «МВСС» имеет значение 1 и поле «тип окна» имеет значение 1
			От 0 до $2^{32} - 1$	Если поле «МВСС» имеет значение 2
	Число частот			Если поле «МВСС» имеет значение 0 или 1, поле «число частот» отсутствует
		2	От 1 до $2^{16} - 1$	Если поле «МВСС» имеет значение 2. Значение данного поля определяет размер (в байтах) следующего поля
	Частоты			Если поле «МВСС» имеет значение 0 или 1, поле отсутствует
		4 × число частот	От 0 до $2^{32} - 1$ (для каждой частоты)	Если поле «МВСС» имеет значение 2
	Число направлений			Если поле «МВСС» имеет значение 0 или 1, поле «число направлений» отсутствует
		1	От 1 до 255	Если поле «МВСС» имеет значение 2
	Число сохраняемых спектральных составляющих для каждой ячейки			Если поле «МВСС» имеет значение 0, поле «число сохраняемых спектральных составляющих для каждой ячейки» отсутствует
		5	1 старший байт 0 или 1; четыре младших байта от 0 до $2^{32} - 1$	Если поле «МВСС» имеет значение 1
		1	0, 1, 2	Если поле «МВСС» имеет значение 2
	Число битов, кодирующих угол распространения косинусоидальной функции	1	От 1 до 8	Если поле «МВСС» имеет значение 2
				Если поле «МВСС» имеет значение 1 или 2, поле «число битов, кодирующих угол распространения косинусоидальной функции» отсутствует

Продолжение таблицы 20

	Поле	Размер, байты	Допустимые значения	Примечание
Заголовок записи	Число битов, кодирующих длину волны косинусоидальной функции	1	От 1 до 8	Если поле «MBCC» имеет значение 0
				Если поле «MBCC» имеет значение 1 или 2, поле «число битов, кодирующих длину волны косинусоидальной функции» отсутствует
	Число битов, кодирующих фазовый сдвиг	1	От 1 до 8	Если поле «MBCC» имеет значение 0 или 1
				Если поле «MBCC» имеет значение 2 и поле «число сохраняемых спектральных составляющих для каждой ячейки» имеет значение 0 или 1, поле «число битов, кодирующих фазовый сдвиг» отсутствует
		1	От 1 до 8	Если поле MBCC имеет значение 2 и поле «число сохраняемых спектральных составляющих для каждой ячейки» имеет значение 2
	Число битов, кодирующих модуль			Если поле «MBCC» имеет значение 0, поле «число битов, кодирующих модуль» отсутствует
		1	От 1 до 8	Если поле «MBCC» имеет значение 1
				Если поле «MBCC» имеет значение 2 и поле «число сохраняемых спектральных составляющих для каждой ячейки» имеет значение 0, поле «число битов, кодирующих модуль» отсутствует
		1	От 1 до 8	Если поле «MBCC» имеет значение 2 и поле «число сохраняемых спектральных составляющих для каждой ячейки» имеет значение 1 или 2
	Число битов, кодирующих показатель качества	1	От 1 до 8	
	Параметр зернистости группы ячеек	1	От 0 до 255	Квадрат параметра зернистости равен числу ячеек в группе
	Зарезервированные байты	2	0	

Окончание таблицы 20

		Поле	Размер, байты	Допустимые значения	Примечание
Запись данных одного пальца	Заголовок	Локализация пальца	1	От 0 до 10	
		Тип отпечатка пальца	1	0, 1, 2, 3, 8	
		Число изображений отпечатков одного пальца	1	От 1 до 255	
		Качество изображения отпечатка пальца	1	От 0 до 101	
		Длина блока спектральных данных изображения отпечатка пальца	2	От 0 до $2^{16} - 1$	Определяет число байтов в блоке
	Блок спектральных данных	Номер изображения	1	От 0 до 255	
		Спектральные данные изображения отпечатка пальца	*ldb*	От 0 до $2^{(8 \times ldb)} - 1$	См. 8.2.2.2
		Данные о качестве ячеек	*lqd*	От 0 до $2^{(8 \times lqd)} - 1$	Поле присутствует, если параметр зернистости группы ячеек не равен нулю (см. 8.2.2.3)
		Длина блока дополнительных данных	2	От 0 до $2^{16} - 1$	Определяет число байтов в блоке
	Блок дополнительных данных	Код типа области дополнительных данных	2	От 0 до $2^{16} - 1$	Поле присутствует, если длина блока дополнительных данных не равна нулю
		Длина области дополнительных данных	2	От 0 до $2^{16} - 1$	Определяет число байтов в области. Поле присутствует, если длина блока дополнительных данных не равна нулю
		Область дополнительных данных	Длина области дополнительных данных (*lda*)	От 1 до $2^{(8 \times lda)} - 1$	Область присутствует, если длина блока дополнительных данных не равна нулю

9 Формат карты спектральных данных изображения отпечатка пальца

При вычислении и структурировании данных биометрической верификации используются биометрические свойства. Биометрические свойства могут кодироваться как объекты данных, внедренные в шаблон биометрической информации в соответствии с требованиями ИСО/МЭК 7816-11.

В формате карты[1)] для хранения спектральных данных изображения отпечатка пальца элементы заголовка, необходимые в случае использования карты, записывают в объектах данных в соответствии с таблицей 21.

[1)] Термин «карта» используют для смарт-карт и других видов устройств идентификации.

Таблица 21 — Запись элементов заголовка в объектах данных

Признак	Длина	Параметры	
«91»	9	Длина	Описание
		2	Число пикселей в ячейках (в горизонтальном и вертикальном направлениях)
		2	Число пикселей между центрами ячеек (в горизонтальном и вертикальном направлениях)
		1	Число битов, кодирующих угол распространения косинусоидальной функции
		1	Число битов, кодирующих длину волны косинусоидальной функции
		1	Число битов, кодирующих фазовый сдвиг
		1	Число битов, кодирующих показатель качества
		1	Параметр зернистости группы ячеек

Если этот объект данных отсутствует в шаблоне биометрической информации, будут использованы значения по умолчанию, представленные в таблице 22.

Таблица 22 — Значения по умолчанию элементов заголовка в формате карты для хранения спектральных данных изображения отпечатка пальца

Поле	Значение
Разрешение изображения по горизонтали	100 ppcm
Разрешение изображения по вертикали	100 ppcm
Число пикселей в ячейках в горизонтальном направлении	5
Число пикселей в ячейках в вертикальном направлении	5
Число пикселей между центрами ячеек в горизонтальном направлении	5
Число пикселей между центрами ячеек в вертикальном направлении	5
Метод выбора спектральной составляющей	0
Число битов, кодирующих угол распространения косинусоидальной функции	3
Число битов, кодирующих длину волны косинусоидальной функции	3
Число битов, кодирующих фазовый сдвиг	3
Число битов, кодирующих показатель качества	3
Параметр зернистости группы ячеек	2

Примечание — На карте должна быть сохранена полная запись спектральных данных изображения отпечатка пальца.

При разрешении изображения по горизонтали 100 ppcm для хранения числа ячеек по горизонтали используется 1 байт. При разрешении изображения по вертикали 100 ppcm для хранения числа ячеек по вертикали также используется 1 байт.

Приложение А
(справочное)

Примеры записи спектральных данных изображения отпечатка пальца с использованием квантованного косинусоидального триплета для выбора спектральных составляющих

В настоящем приложении приведены два примера записи спектральных данных изображения отпечатка пальца с использованием квантованного косинусоидального триплета для выбора спектральных составляющих.

А.1 Пример 1

Пример записи спектральных данных изображения отпечатка пальца приведен в таблице А.1. В качестве исходного биометрического образца использовано изображение размером 400×600 пикселей с разрешением по горизонтали и вертикали 500 ppi (197 ppcm). Субдискретизация и обрезка изображения не проводились.

В процессе фрагментации изображение было разбито на неперекрывающиеся ячейки размером 5×5 пикселей. Таким образом, изображение представлено в виде сетки размерами 80×120 ячеек.

Для кодирования угла распространения косинусоидальной функции θ использованы четыре бита, для кодирования длины волны косинусоидальной функции λ использованы три бита, для кодирования фазового сдвига δ также использованы три бита. Таким образом, информация о каждой ячейке закодирована с использованием 10 битов. Поскольку изображение содержит 80×120 ячеек, для хранения спектральных данных изображения отпечатка пальца необходимы 80×120×10 = 96000 битов или 96000/8 = 12000 байтов.

Поскольку изображение содержит 80×120 = 9600 ячеек и параметр зернистости равен двум, то есть ячейки объединены в группы, содержащие 2×2 = 4 ячейки, общее число групп ячеек равно 9600/4 = 2400. Следовательно, необходимо хранить 2400 значений степени качества. Если для хранения каждого значения степени качества необходимы 4 бита (см. таблицу А.1), для хранения всех 2400 значений потребуется 2400×4 = 9600 битов или 9600/8 = 1200 байтов.

Таблица А.1 — Запись спектральных данных изображения отпечатка пальца, полученных с использованием квантованных косинусоидальных триплетов (пример 1)

Поле	Размер, байты	Значение
Идентификатор формата	4	0×46535000 («F», «S», «P», 0×00)
Номер версии стандарта	4	0×30313000 («0», «1», «0», 0×00)
Длина записи	4	13246
Число представлений пальцев	1	1
Разрешение изображений по горизонтали	2	197 ppcm
Разрешение изображений по вертикали	2	197 ppcm
Число ячеек по горизонтали	2	80
Число ячеек по вертикали	2	120
Число пикселей в ячейках по горизонтали	2	5
Число пикселей в ячейках по вертикали	2	5
Число пикселей между центрами ячеек по горизонтали	2	5
Число пикселей между центрами ячеек по вертикали	2	5
Метод выбора спектральных составляющих	1	0
Число битов, кодирующих направление распространения косинусоидальной функции	1	4
Число битов, кодирующих длину волны косинусоидальной функции	1	3

Окончание таблицы А.1

Поле	Размер, байты	Значение
Число битов, кодирующих фазовый сдвиг	1	3
Число битов, кодирующих показатель качества	1	4
Параметр зернистости группы ячеек	1	2
Зарезервированные байты	2	0
Локализация пальца	1	2
Тип отпечатка пальца	1	0
Число изображений отпечатков одного пальца	1	1
Качество изображения отпечатка пальца	1	80
Длина блока спектральных данных изображения отпечатка пальца	2	13201
Номер изображения	1	0
Спектральные данные изображения отпечатка пальца	12000	<Данные>
Данные о качестве ячеек	1200	<Данные>
Длина блока дополнительных данных	2	0

А.2 Пример 2

Пример записи спектральных данных изображения отпечатка пальца приведен в таблице А.2. В качестве исходного биометрического образца, как и в примере 1, использовано изображение размером 400×600 пикселей с разрешением по горизонтали и вертикали 500 ppi (197 ppcm). Однако в данном случае исходный биометрический образец был подвергнут субдискретизации и обрезке, в результате чего был получен промежуточный биометрический образец, который использовали для получения спектральных данных.

Изображение сначала было обрезано до размера 300×400 пикселей, а затем подвергнуто субдискретизации до разрешения по горизонтали и вертикали 200 ppi (79 ppcm) для получения изображения размером 120×160 пикселей.

Как и в примере 1, в процессе фрагментации изображение разбито на неперекрывающиеся ячейки размером 5×5 пикселей. В данном случае изображение представлено в виде сетки размерами 24×32 ячейки.

Для кодирования угла распространения косинусоидальной функции θ использованы четыре бита, для кодирования длины волны косинусоидальной функции λ использованы три бита, для кодирования фазового сдвига δ также использованы три бита. Следовательно, существует квантованный ряд, содержащий $2^4 \times 2^3 \times 2^3 = 1024$ возможных косинусоидальных триплетов, которым соответствуют 1024 возможных типов структур ячеек. Рассматриваемая ячейка изображения отпечатка пальца будет представлена одним из указанных типов структур. Конкретный тип структуры должен быть выбран с использованием критерия максимального правдоподобия, описанного в 7.4.1. Информация о каждой ячейке закодирована с использованием 10 битов. До получения спектральных данных информация о каждой ячейке кодировалась с использованием 200 битов (каждая ячейка содержит 5×5 = 25 пикселей, каждый пиксель закодирован с использованием одного байта, или восьми битов; 25 пикселей закодированы с использованием 25×8 = 200 битов). Спектральные данные ячеек составляют большую часть информации, содержащейся в записи спектральных данных изображения отпечатка пальца.

Поскольку изображение содержит 24×32 ячеек, для хранения спектральных данных изображения отпечатка пальца необходимы 24×32×10 = 7680 битов или 7680/8 = 960 байтов.

Поскольку изображение содержит 24×32 = 768 ячеек и параметр зернистости равен двум, то есть, ячейки объединены в группы, содержащие 2×2 = 4 ячейки, общее число групп ячеек равно 768/4 = 192. Следовательно, необходимо хранить 192 значения степени качества. Если для хранения каждого значения степени качества используют четыре бита (см. таблицу А.2), для хранения всех 192 значений необходимы 192×4 = 768 битов или 768/8 = 96 байтов.

Таким образом, для хранения всей записи необходимо 1102 байта. Значения полей записи, рассмотренной в данном примере, приведены в таблице А.2 (все значения представлены в десятичной форме, за исключением значений полей идентификатора формата и номера версии стандарта, которые представлены в шестнадцатеричной форме).

Таблица А.2 — Запись спектральных данных изображения отпечатка пальца, полученных с использованием квантованных косинусоидальных триплетов (пример 2)

Поле	Размер, байты	Значение
Идентификатор формата	4	0×46535000 («F», «S», «P», 0×00)
Номер версии стандарта	4	0×30313000 («0», «1», «0», 0×00)
Длина записи	4	1102
Число представлений пальцев	1	1
Разрешение изображений по горизонтали	2	79 ppcm
Разрешение изображений по вертикали	2	79 ppcm
Число ячеек по горизонтали	2	24
Число ячеек по вертикали	2	32
Число пикселей в ячейках по горизонтали	2	5
Число пикселей в ячейках по вертикали	2	5
Число пикселей между центрами ячеек по горизонтали	2	5
Число пикселей между центрами ячеек по вертикали	2	5
Метод выбора спектральных составляющих	1	0
Число битов, кодирующих направление распространения косинусоидальной функции	1	4
Число битов, кодирующих длину волны косинусоидальной функции	1	3
Число битов, кодирующих фазовый сдвиг	1	3
Число битов, кодирующих показатель качества	1	4
Параметр зернистости группы качества ячеек	1	2
Зарезервированные байты	2	0
Локализация пальца	1	2
Тип отпечатка пальца	1	0
Число изображений отпечатков одного пальца	1	1
Качество изображения отпечатка пальца	1	80
Длина блока спектральных данных изображения отпечатка пальца	2	1057
Номер изображения	1	0
Спектральные данные изображения отпечатка пальца	960	<Данные>
Данные о качестве ячеек	96	<Данные>
Длина блока дополнительных данных	2	0

А.3 Сравнение размеров

1) Полный размер файла изображения 480×640 с разрешением 500 ppi приблизительно равен 300 кбайт. Полный размер файла изображения 400×600 с разрешением 500 ppi равен 240 кбайт.

Размер файла изображения 480×640 с разрешением 500 ppi, сжатого с использованием алгоритма WSQ (Wavelet-packet Scalar Quantization format; формат квантования с использованием пачек вейвлетов) с коэффициентом сжатия 15:1, приблизительно равен 20 кбайт.

2) Размер файла изображения 400×600 с разрешением 500 ppi, сжатого с использованием алгоритма WSQ с коэффициентом сжатия 15:1, равен 16 кбайт.

Размер файла изображения 400×600 с разрешением 500 ppi, сохраненного с использованием квантованных косинусоидальных триплетов, приблизительно равен 12 кбайт (см. таблицу А.1).

3) Размер файла обрезанного и субдискретизированного изображения 120×160 с разрешением 250 ppi, сжатого с использованием алгоритма WSQ с коэффициентом сжатия 15:1, равен 1,25 кбайт.

Размер файла обрезанного и субдискретизированного изображения 120×160 с разрешением 250 ppi с использованием квантованных косинусоидальных триплетов, приблизительно равен 0,96 кбайт (см. таблицу А.2).

Приложение В
(справочное)

Примеры записи спектральных данных изображения отпечатка пальца с использованием дискретного преобразования Фурье для выбора спектральных составляющих

В настоящем приложении приведены два примера записи спектральных данных изображения отпечатка пальца с использованием локального дискретного преобразования Фурье для выбора спектральных составляющих. В качестве исходного биометрического образца использовано изображение, описанное в приложении А, подраздел А.1.

В.1 Пример 1

В данном примере рассмотрен промежуточный биометрический образец размером 120×160, описанный в приложении А, подраздел А.2.

В процессе фрагментации изображение разбито на перекрывающиеся ячейки с расстоянием между центрами ячеек в горизонтальном и вертикальном направлениях, равным пяти пикселям. Каждая ячейка имеет размер 16×16 пикселей. Смещение от начала координат изображения отпечатка пальца в горизонтальном направлении равно четырем пикселям, в вертикальном направлении — девяти пикселям. В данном случае изображение представлено в виде сетки размерами 21×28 ячеек, соответствующих центральной области изображения размером 116×151 пикселей.

В данном примере для получения спектральных данных изображения отпечатка пальца использовано дискретное преобразование Фурье. Для хранения выбирают одну из составляющих с максимальной амплитудой.

Для хранения индекса k (представляющего частоту f_x) необходимо $\lceil \log_2 116 \rceil = 7$ битов, в то время как для хранения индекса l (представляющего частоту f_y) необходимо $\lceil \log_2 151 \rceil = 8$ битов. Если для хранения амплитуды и фазы спектральных составляющих, полученных в результате преобразования Фурье, используется по три бита, спектральная составляющая в каждой ячейке может быть представлена с использованием 7 + 8 + 3 + 3 = 21 бита. Поскольку общее число ячеек 21×28 = 588, для хранения спектральных данных изображения отпечатка пальца необходимо 588×21 = 12348 битов, то есть около 1544 байтов.

Если параметр зернистости равен трем, ячейки образуют 7×9 = 63 группы, следовательно, необходимо хранить 63 значения степени качества. Если для хранения каждого значения степени качества необходимо три бита (см. таблицу В.1), для хранения 63 значений необходимо 63×3 = 189 битов или 24 байта.

Таким образом, для хранения всей записи необходимо 1619 байтов. Значения полей записи, рассмотренной в примере, приведены в таблице В.1.

Таблица В.1 — Запись спектральных данных изображения отпечатка пальца, полученных с использованием ДПФ (пример 1)

Поле	Размер, байты	Значение
Идентификатор формата	4	0×46535000 («F», «S», «P», 0×00)
Номер версии стандарта	4	0×30313000 («0», «1», «0», 0×00)
Длина записи	4	1619
Число представлений пальцев	1	1
Разрешение изображений по горизонтали	2	79 ppcm
Разрешение изображений по вертикали	2	79 ppcm
Число ячеек по горизонтали	2	21
Число ячеек по вертикали	2	28
Число пикселей в ячейках по горизонтали	2	16
Число пикселей в ячейках по вертикали	2	16

Окончание таблицы В.1

Поле	Размер, байты	Значение
Число пикселей между центрами ячеек по горизонтали	2	5
Число пикселей между центрами ячеек по вертикали	2	5
Метод выбора спектральных составляющих	1	1
Тип окна	1	0
Число сохраняемых спектральных составляющих в каждой ячейке	5	1 (старший байт); 1 (четыре младших байта)
Число битов, кодирующих фазу	1	3
Число битов, кодирующих амплитуду	1	3
Число битов, кодирующих показатель качества	1	3
Параметр зернистости	1	3
Зарезервированные байты	2	0
Локализация пальца	1	2
Тип отпечатка пальца	1	0
Число изображений отпечатков одного пальца	1	1
Качество изображения отпечатка пальца	1	80
Длина блока спектральных данных изображения отпечатка пальца	2	1569
Номер изображения	1	0
Спектральные данные изображения отпечатка пальца	1544	<Данные>
Данные о качестве ячеек	24	<Данные>
Длина блока дополнительных данных	2	0

В.2 Пример 2

Пример записи спектральных данных изображения отпечатка пальца, аналогичный приведенному в таблице В.1, приведен в таблице В.2; отличие заключается в том, что в настоящем примере для хранения выбирают две составляющих. Это означает, что спектральные составляющие в каждой ячейке могут быть представлены с использованием 2×(7 + 8 + 3 + 3) = 42 битов. В этом случае для хранения спектральных данных изображения отпечатка пальца необходимо 588×42 = 24696 битов или 24696/8 = 3087 байтов. Таким образом, для хранения всей записи необходимо 3162 байта. Значения полей записи, рассмотренной в примере, приведены в таблице В.2.

Таблица В.2 — Запись спектральных данных изображения отпечатка пальца, полученных с использованием ДПФ (пример 2)

Поле	Размер, байты	Значение
Идентификатор формата	4	0×46535000 («F», «S», «P», 0×00)
Номер версии стандарта	4	0×30313000 («0», «1», «0», 0×00)
Длина записи	4	3162
Число представлений пальцев	1	1
Разрешение изображений по горизонтали	2	79 ppcm

Окончание таблицы В.2

Поле	Размер, байты	Значение
Разрешение изображений по вертикали	2	79 ppcm
Число ячеек по горизонтали	2	21
Число ячеек по вертикали	2	28
Число пикселей в ячейках по горизонтали	2	16
Число пикселей в ячейках по вертикали	2	16
Число пикселей между центрами ячеек по горизонтали	2	5
Число пикселей между центрами ячеек по вертикали	2	5
Метод выбора спектральных составляющих	1	1
Тип окна	1	0
Число сохраняемых спектральных составляющих в каждой ячейке	5	1 (старший байт); 2 (четыре младших байта)
Число битов, кодирующих фазу	1	3
Число битов, кодирующих амплитуду	1	3
Число битов, кодирующих показатель качества	1	3
Параметр зернистости	1	3
Зарезервированные байты	2	0
Локализация пальца	1	2
Тип отпечатка пальца	1	0
Число изображений отпечатков одного пальца	1	1
Качество изображения отпечатка пальца	1	80
Длина блока спектральных данных изображения отпечатка пальца	2	3112
Номер изображения	1	0
Спектральные данные изображения отпечатка пальца	3087	<Данные>
Данные о качестве ячеек	24	<Данные>
Длина блока дополнительных данных	2	0

Приложение С
(справочное)

Примеры записи спектральных данных изображения отпечатка пальца с использованием фильтра Габора для выбора спектральных составляющих

В настоящем приложении приведен пример записи спектральных данных изображения отпечатка пальца с использованием фильтра Габора для выбора спектральных составляющих. Сохраняемой спектральной составляющей является угол фильтра с максимальной энергией. В качестве исходного биометрического образца использовано изображение размером 400×600 пикселей с разрешением по горизонтали и вертикали 500 ppi (197 ppcm). Субдискретизация и обрезка изображения не проводились.

В процессе фрагментации изображение было разбито на перекрывающиеся ячейки с расстоянием между центрами ячеек в горизонтальном и вертикальном направлениях, равным семи пикселям. Каждая ячейка имеет размер 15×15 пикселей.

Смещение от начала координат в горизонтальном направлении равно нулю пикселей (то есть, отсутствует), в вертикальном направлении — трем пикселям. В данном случае изображение представлено в виде сетки размерами 56×84 ячеек, соответствующих области изображения размером 400×596 пикселей.

Частота фильтра Габора выбрана равной 1/14, а стандартное отклонение выбрано равным 5.

Число направлений выбрано равным 18, таким образом, в фильтре Габора использованы направления из ряда $\theta = \{0, 10, 20, ..., 160, 170\}$.

Для хранения выбирают только порядковый номер, определяющий угол фильтра Габора с максимальной энергией. Поскольку число возможных направлений равно 18, для хранения порядкового номера необходимо $\lceil \log_2 18 \rceil = 5$ битов.

Для хранения информации о качестве ячеек используют ноль битов (таблица С.1), то есть информацию о качестве ячеек не сохраняют.

Таблица С.1 — Запись спектральных данных изображения отпечатка пальца, полученных с использованием фильтра Габора

Поле	Размер, байты	Значение
Идентификатор формата	4	0×46535000 («F», «S», «P», 0×00)
Номер версии стандарта	4	0×30313000 («0», «1», «0», 0×00)
Длина записи	4	52975
Число представлений пальцев	1	1
Разрешение изображений по горизонтали	2	197 ppcm
Разрешение изображений по вертикали	2	197 ppcm
Число ячеек по горизонтали	2	56
Число ячеек по вертикали	2	84
Число пикселей в ячейках по горизонтали	2	15
Число пикселей в ячейках по вертикали	2	15
Число пикселей между центрами ячеек по горизонтали	2	7
Число пикселей между центрами ячеек по вертикали	2	7
Метод выбора спектральных составляющих	1	2
Стандартное отклонение	4	5
Число частот	2	1
Частоты	4	1/14

Окончание таблицы С.1

Поле	Размер, байты	Значение
Число направлений	1	18
Число сохраняемых спектральных составляющих в каждой ячейке	1	0
Число битов, кодирующих показатель качества	1	0
Параметр зернистости	1	0
Зарезервированные байты	2	0
Локализация пальца	1	2
Тип отпечатка пальца	1	0
Число изображений отпечатков одного пальца	1	1
Качество отпечатка пальца	1	0
Длина блока спектральных данных изображения отпечатка пальца	2	52921
Номер изображения	1	0
Спектральные данные изображения отпечатка пальца	52920	<Данные>
Длина блока дополнительных данных	2	0

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ИСО/МЭК 19784-1:2006	—	*
ИСО/МЭК 19785-1:2006	IDT	ГОСТ Р ИСО/МЭК 19785-1–2008 «Автоматическая идентификация. Идентификация биометрическая. Единая структура форматов обмена биометрическими данными. Часть 1. Спецификация элементов данных»

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1] Спецификация передачи отпечатков пальцев в электронном виде, Информационная служба уголовного судопроизводства, январь, 1999 (Electronic Fingerprint Transmission Specification, Criminal Justice Information Services, January 1999)

[2] Обработка двумерных сигналов и изображений (LIM, JAE, S., Two-Dimensional Signal and Image Processing, Prentice Hall PTR, 1990)

[3] Алгоритмы анализа с использованием фильтров Габора (FEICHTINGER, H.G. and STROHMER, T. (Eds.), Gabor Analysis and Algorithms, Birkhäuser, 1998)

УДК 004:93'1:006.89:006.354 ОКС 35.040 П85

Ключевые слова: автоматическая идентификация, биометрическая идентификация, форматы обмена биометрическими данными, данные изображения, отпечаток пальца

Редактор *Т. А. Леонова*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *Л. Я. Митрофанова*
Компьютерная верстка *З. И. Мартыновой*

Сдано в набор 30.12.2010. Подписано в печать 01.03.2011. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 5,30. Тираж 94 экз. Зак. 19

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.

gost.e-ecolog.ru