ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-4— 2014

Информационные технологии

БИОМЕТРИЯ

Форматы обмена биометрическими данными

Часть 4

Данные изображения отпечатка пальца

ISO/IEC 19794-4:2011
Information technology — Biometric data interchange formats — Part 4: Finger image data

(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

Предисловие

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 международного стандарта, указанного в пункте 4, при консультативной поддержке Некоммерческого партнерства «Русское общество содействия развитию биометрических технологий, систем и коммуникаций»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 098 «Биометрия и биомониторинг»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 ноября 2014 г. № 1569-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО/МЭК 19794-4:2011 «Информационные технологии. Форматы обмена биометрическими данными. Часть 4. Данные изображения отпечатка пальца» (ISO/IEC 19794-4:2011 «Information technology — Biometric data interchange formats — Part 4: Finger image data»).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2004 (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 ВЗАМЕН ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-4—2006

6 Некоторые элементы настоящего стандарта могут быть объектами патентных прав. Организации ИСО и МЭК не несут ответственности за установление подлинности каких-либо или всех таких патентных прав

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующие информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru)

© Стандартинформ, 2016

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 ... 2
4 Термины и определения ... 2
5 Обозначения и сокращения ... 3
6 Представление данных ... 3
6.1 Последовательность байтов и битов ... 3
6.2 Порядок сканирования ... 3
7 Требования к регистрации изображения ... 3
7.1 Общие требования ... 3
7.2 Отношение размеров пикселя ... 4
7.3 Битовая глубина ... 4
7.4 Данные градаций серого ... 4
7.5 Динамический диапазон изображения ... 4
7.6 Частота пространственной дискретизации биометрического сканера ... 4
7.7 Частота пространственной дискретизации изображения ... 4
7.8 Расположение пальца при сканировании ... 4
7.9 Расположение ладони при сканировании ... 5
8 Формат записи изображения отпечатка пальца ... 5
8.1 Структура записи ... 5
8.2 Блок «Общий заголовок» ... 7
8.3 Блок «Заголовок представления» ... 8
8.4 Блок «Дополнительные данные» ... 18
9 Зарегистрированный идентификатор типа формата ... 22
Приложение А (обязательное) Методология испытаний на соответствие ... 23
Приложение В (обязательное) Сертификация биометрических сканеров ... 24
Приложение С (справочное) Пример записи данных изображения отпечатка пальца ... 44
Приложение D (справочное) Условия для регистрации изображений отпечатков пальцев ... 46
Приложение Е (справочное) Спецификация сжатия черно-белых изображений отпечатков пальцев методом скалярного квантования вейвлет-коэффициентов (WSQ) ... 53
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации ... 77
Библиография ... 78

Введение

В сообществе, занимающемся компьютерной криминалистикой, регистрация и передача изображений отпечатков пальцев являются всеобщим выбором для обмена информацией об отпечатках пальцев, используемой для идентификации личности в автоматизированных системах идентификации по отпечаткам пальцев (АСИОП). Часто при приобретении оборудования для биометрической идентификации и предоставления доступа к данным у разных изготовителей, обмен информацией об отпечатках пальцев становится невозможным из-за отсутствия соглашения между изготовителями оборудования об объеме и типе регистрируемой и передаваемой информации, а также используемых методах регистрации.

Настоящий стандарт входит в комплекс стандартов и технических отчетов, разработанных подкомитетом ИСО/МЭК СТК 1/ПК 37 в целях поддержки функциональной совместимости и обмена данными между биометрическими приложениями и системами. Комплекс стандартов ИСО/МЭК 19794 устанавливает требования к применению биометрии в широком спектре разнообразных приложений персональной верификации, независимо от того, являются ли эти системы открытыми или закрытыми. Дополнительная информация, относящаяся к данному комплексу стандартов, представлена в ИСО/МЭК 19794-1.

Настоящий стандарт предназначен для приложений, которые обмениваются исходными или обработанными изображениями отпечатков пальцев или ладоней, и которые не ограничены в ресурсах для хранения данных или во времени передачи данных. Настоящий стандарт может использоваться как для передачи изображений отпечатков пальцев, содержащих подробную информацию о пикселях изображения, так и при обмене обработанными данными изображения отпечатка пальца, содержащими значительно меньше пикселей на дюйм и/или меньшее число уровней градаций серого. Другие стандарты комплекса ИСО/МЭК 19794 регламентируют обмен набором характеристик отпечатков пальцев, таких как контрольные точки, шаблоны и др. Для хранения таких форматов требуется значительно меньше места, чем для хранения изображений отпечатков пальцев. Однако при использовании других стандартов комплекса ИСО/МЭК 19794 необходимо учитывать, что к информации, записанной в одном стандартном формате, нельзя применять алгоритмы, созданные для работы с другим типом информации. Другими словами, формат записи контрольных точек не может использоваться подсистемами сравнения данных остова, содержащихся в шаблоне.

Несмотря на то, что промежуточные выходные данные при работе с контрольными точками, шаблонами или другими характеристиками различаются, первоначально, перед уменьшением размера изображения (в байтах) или выделением набора характеристик, необходимо зарегистрировать изображение отпечатка пальца высокого качества. Использование исходных или обработанных изображений обеспечит совместимость между изготовителями, использующими алгоритмы на основе контрольных точек, шаблонов и др. В результате данные зарегистрированного изображения пальца дают разработчикам больше свободы при выборе или комбинировании алгоритмов сравнения. Например, зарегистрированное изображение может храниться на бесконтактном чипе идентификационного документа. Это предоставит возможность верифицировать обладателя документа в будущем при помощи систем, работающих и с алгоритмами контрольных точек, и с алгоритмами шаблонов. Создание формата данных отпечатка пальца на основе изображения не будет основываться на установленных ранее определениях контрольных точек, шаблонов и др. Это предоставит разработчикам гибкость при работе с изображениями, полученными при помощи различных биометрических сканеров, различающимися размером, пространственным разрешением и числом уровней градаций серого. Использование изображения отпечатка пальца позволит каждому разработчику реализовать собственные алгоритмы для проведения процедуры сравнения двух отпечатков пальцев.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Информационные технологии

БИОМЕТРИЯ

Форматы обмена биометрическими данными

Часть 4

Данные изображения отпечатка пальца

Information technologies. Biometrics. Biometric data interchange formats. Part 4. Finger image data

Дата введения — 2016—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к формату обмена записями данных для хранения, записи и передачи информации об одном или нескольких изображениях отпечатков пальцев или областей ладоней. Положения настоящего стандарта могут использоваться для передачи и сравнения данных изображения отпечатка пальца. Стандарт устанавливает состав, формат и единицы измерения данных изображения отпечатка пальца, используемых для регистрации, верификации или идентификации субъекта. Данная информация содержит набор обязательных и дополнительных элементов, включая параметры сканирования, информацию о сжатии изображения и информацию, определяемую изготовителем.

Настоящий стандарт предназначен для обмена биометрическими данными между организациями, использующими устройства и системы автоматической идентификации или верификации на основе данных изображения отпечатка пальца. Информация, полученная и обработанная в соответствии с требованиями настоящего стандарта, может быть записана на машиносчитываемые носители или передана по линиям связи.

2 Соответствие

Запись биометрических данных соответствует настоящему стандарту в том случае, если она удовлетворяет всем нормативным требованиям, связанными со:

a) структурой содержащихся в ней данных, значениями данных и связями между элементами данных, как определено в разделе 8 настоящего стандарта;

b) связью между значениями данных записи и входными биометрическими данными, на основе которых была создана запись биометрических данных, как определено в разделе 8 настоящего стандарта.

Система, создающая записи биометрических данных, соответствует настоящему стандарту в том случае, если все производимые ею записи биометрических данных, содержащиеся в заявлении о соответствии реализации (ЗСР) данной системы, соответствуют настоящему стандарту (как определено выше). При этом записи биометрических данных, создаваемые системой, могут охватывать не все аспекты настоящего стандарта, а только те, которые должны поддерживаться системой согласно ЗСР.

Система, использующая записи биометрических данных, соответствует настоящему стандарту в том случае, если она способна прочитать и применить по назначению все записи биометрических данных, содержащиеся в ЗСР данной системы, которые соответствуют настоящему стандарту (как определено выше). При этом записи биометрических данных, используемые системой, могут охватывать не все аспекты настоящего стандарта, а только те, которые должны поддерживаться системой согласно ЗСР.

Издание официальное

3 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты, которые необходимо учитывать при использовании настоящего стандарта. В случае ссылок на документы, у которых указана дата утверждения, необходимо пользоваться только указанной редакцией. В случае, когда дата утверждения не приведена, следует пользоваться последней редакцией ссылочных документов, включая любые поправки и изменения к ним:

ИСО/МЭК 10918-1 Информационные технологии. Цифровое уплотнение и кодирование неподвижных изображений с непрерывным спектром тонов. Часть 1. Требования и руководящие указания (ISO/IEC 10918-1, Information technology — Digital compression and coding of continuous-tone still images: Requirements and guidelines)

ИСО/МЭК 15444 (все части) Информационные технологии. Система кодирования изображения JPEG 2000 (ISO/IEC 15444 (all parts), Information technology — JPEG 2000 image coding system)

ИСО/МЭК 15948 Информационные технологии. Компьютерная графика и обработка изображения. Мобильная сетевая графика (PNG). Функциональная спецификация (ISO/IEC 15948, Information technology — Computer graphics and image processing — Portable Network Graphics (PNG): Functional specification)

ИСО/МЭК 19794-1:2011 Информационные технологии. Форматы обмена биометрическими данными. Часть 1. Структура (ISO/IEC 19794-1:2011, Information technology — Biometric data interchange formats — Part 1: Framework)

ИСО/МЭК 29794-1 Информационные технологии. Качество биометрического образца. Часть 1. Структура (ISO/IEC 29794-1, Information technology — Biometric sample quality — Part 1: Framework)

4 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО/МЭК 19794-1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

4.1 **частота пространственной дискретизации биометрического сканера** (capture device spatial sampling rate): Число пикселей на единицу длины, используемое датчиком или сканирующим устройством для получения исходного изображения.

4.2 **изображение отпечатка пальца** (fingerprint image): Область гребешковой кожи на мясистой поверхности пальца, расположенная по горизонтали между двумя краями ногтя и по вертикали от первого сустава до кончика пальца.

Примечание — Данная область содержит уникальную информацию в виде папиллярных гребней и впадин, которая называется «отпечатком пальца».

4.3 **частота пространственной дискретизации изображения** (image spatial sampling rate): Число пикселей на единицу длины изображения.

Примечание — Частота пространственной дискретизации изображения может меняться при обработке зарегистрированного изображения. Исходное зарегистрированное изображение может быть подвергнуто процедуре выделения областей, масштабированию, уменьшению частоты дискретизации и т.д.

4.4 **ладонь** (palm): Гребешковая кожа, расположенная по бокам и в нижней части кисти руки.

4.5 **изображение отпечатка пальца, зарегистрированное контактным методом** (plain fingerprint image): Изображение, полученное путем приложения пальца к рабочей поверхности без прокатки.

4.6 **изображение отпечатка пальца, зарегистрированное методом прокатки** (rolled fingerprint image): Изображение, полученное путем прокатки пальца по горизонтали от одного края ногтя до другого.

4.7 **изображение отпечатка пальца, зарегистрированное методом вертикальной прокатки** (vertical rolls): Изображение, полученные путем вертикальной прокатки пальца из естественного положения на плоскости вверх до ногтя.

Примечание — Данный метод регистрации отпечатков пальцев противоположен методу прокатки, при котором отпечатки пальца получают путем прокатки пальца по горизонтали от одного края ногтя до другого (4.6).

5 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены обозначения и сокращения, установленные в ИСО/МЭК 19794-1, и следующие обозначения и сокращения:

пиксель/дюйм (ppi) — пикселей на дюйм (pixels per inch);

ПВО (TIR) — полное внутреннее отражение (Total Internal Reflection).

6 Представление данных

6.1 Последовательность байтов и битов

Каждый элемент данных, поле и запись должны состоять из одного или нескольких байтов данных. Все многобайтовые значения должны быть представлены в формате обратного порядка следования байтов (Big-Endian): старшие байты любого многобайтового значения записывают в память раньше младших байтов. Порядок передачи данных должен быть следующим: сначала передают старшие байта, затем — младшие. В пределах каждого байта порядок передачи должен быть следующим: сначала передают старшие биты, затем — младшие. Все численные значения должны быть целочисленными и беззнаковыми величинами фиксированной длины.

6.2 Порядок сканирования

Настоящий стандарт не регламентирует ориентацию пальца (или ладони) относительно биометрического сканера, метод сканирования и порядок сканирования, используемые для получения изображения отпечатка пальца (или ладони). Каждое изображение отпечатка пальца (или ладони), представленное в соответствии с требованиями настоящего стандарта, должно иметь вертикальную ориентацию и быть отцентрировано по горизонтали. Полученные изображения должны соответствовать изображениям отпечатка пальца, полученным традиционным методом при помощи красящего вещества.

Сканирование и запись данных изображения отпечатка пальца или отпечатка ладони должны осуществляться слева направо и сверху вниз.

Порядок записи данных сканируемого изображения представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 — Порядок записи данных сканируемого изображения

Для описания позиции каждого пикселя на изображении необходимо использовать две оси координат. Начало осей координат (пиксель с координатами (0,0)) должно находиться в левом верхнем углу изображения. Значение координаты *X* (горизонтальная ось) должно увеличиваться от начала координат к правой границе изображения (слева направо). Значение координаты *Y* (вертикальная ось) должно увеличиваться от начала координат к нижней границе изображения (сверху вниз).

7 Требования к регистрации изображения

7.1 Общие требования

Требования к регистрации изображения зависят от области применения, объема исходных данных для хранения или передачи, а также заданных эксплуатационных характеристик системы. В зависимости от указанных требований, процедура регистрации изображения связана с сочетанием настроек параметров регистрации изображения, описанных ниже.

7.2 Отношение размеров пикселя

Изображение отпечатка пальца должно быть представлено с помощью квадратных элементов (пикселей), имеющих одинаковые размеры по горизонтали и вертикали. Допустимая разница между горизонтальным и вертикальным размерами пикселя должна быть не более 1 %. Отношение горизонтального размера к вертикальному должно быть в диапазоне от 0,99 до 1,01.

7.3 Битовая глубина

Битовая глубина (используемое число битов для представления уровней градаций серого пикселя) определяет точность воспроизведения шкалы градаций серого. Например, битовая глубина 3 бита обеспечивает 8 уровней градаций серого; битовая глубина 8 битов обеспечивает 256 уровней градаций серого. Минимальный уровень яркости пикселя, соответствующий черному цвету, должен быть равен нулю. Максимальный уровень яркости пикселя, соответствующий белому цвету, кодируется значением «1» для каждого бита.

Яркость самого «темного» пикселя изображения может быть больше нуля, а яркость самого «светлого» пикселя может быть меньше максимального значения. Например, яркость самого «светлого» пикселя при 5-битовой битовой глубине должна быть не более 31, а яркость самого «светлого» пикселя при 8-битовой битовой глубине должна быть не более 255.

Значение битовой глубины может находиться в диапазоне от 1 до 16 битов.

7.4 Данные градаций серого

Данные градаций серого изображения отпечатка пальца могут храниться, записываться или передаваться как в сжатой, так и в несжатой форме. В записи данных изображения отпечатка пальца в градациях серого в несжатой форме должна содержаться информация о точках исходного изображения. В изображениях с разрядностью шкалы градаций серого 8 битов (256 градаций серого) на кодирование каждого пикселя должен отводиться один байт. Значения яркости пикселей с разрядностью шкалы градаций серого менее 8 битов должны храниться и передаваться в упакованном двоичном формате. Если значение яркости больше 255, необходимо использовать двухбайтовый беззнаковый формат (16 битов), соответствующий диапазону яркости от 0 до 65535.

Кодирование данных сжатого изображения определяется используемым алгоритмом сжатия (таблица 9). Данные градаций серого восстановленного после сжатия изображения должны быть представлены тем же способом, что и данные несжатого изображения.

7.5 Динамический диапазон изображения

Изображение в градациях серого должно быть закодировано с точностью, удовлетворяющей требованиям системы к динамическому диапазону изображения. Предполагается, что эти требования установлены заранее.

7.6 Частота пространственной дискретизации биометрического сканера

Для регистрации черно-белого изображения отпечатка пальца биометрический сканер должен иметь определенную частоту пространственной дискретизации.

При увеличении частоты пространственной дискретизации увеличивается детализация папиллярных гребней. Для обнаружения контрольных точек и небольших объектов на изображении отпечатка пальца используют специальные алгоритмы; при этом высокая частота пространственной дискретизации позволяет обнаружить объекты, которые не могут быть обнаружены при низкой частоте пространственной дискретизации.

7.7 Частота пространственной дискретизации изображения

Частота пространственной дискретизации изображения может совпадать с частотой пространственной дискретизации сканирования. Частота пространственной дискретизации изображения может быть изменена методами прореживания и интерполяции или иными методами с целью представления структуры и формы папиллярных гребней и областей впадин изображения отпечатка пальца.

7.8 Расположение пальца при сканировании

Настоящий стандарт распространяется на изображения отпечатков пальцев, зарегистрированных контактным методом и отпечатков, зарегистрированных методом прокатки. Наибольшая эффективность

биометрических систем достигается при расположении подушечки пальца в центральной части области регистрации изображения. Вследствие этого в процессе регистрации изображения центральная область пальца должна быть расположена приблизительно в центре области регистрации изображения.

Для идентификации и верификации нескольких изображений отпечатков пальцев существуют биометрические сканеры, предназначенные для регистрации одновременно нескольких пальцев. Данные устройства позволяют регистрировать изображения двух, трех или четырех отпечатков пальцев одной руки, двух больших или двух указательных пальцев обеих рук одновременно. Изображения отпечатков всех 10 пальцев могут быть получены за три цикла сканирования — четыре пальца правой руки, четыре пальца левой руки и два больших пальца. Для одновременного сканирования нескольких пальцев необходимо, чтобы половина регистрируемых пальцев располагалась слева от центра общего изображения, а другая половина — справа.

7.9 Расположение ладони при сканировании

Настоящий стандарт распространяется на изображения ладони или боковой стороны кисти, расположенной в противоположной стороне от большого пальца, также известной как «ладонь писателя». Наибольшая эффективность при сравнении достигается при расположении плоской или мясистой части ладони или «ладони писателя» в центральной части области регистрации изображения. Вследствие этого в процессе регистрации изображения центральная область ладони или «ладонь писателя» должна быть расположена приблизительно в центре области регистрации изображения. Ладонь может быть зарегистрирована целиком или по частям в виде отдельных изображений, таких как тенар (подушечка у основания большого пальца), гипотенар (подушечка у основания мизинца) или межпальцевые подушечки (область ладони, расположенная непосредственно у основания четырех пальцев).

8 Формат записи изображения отпечатка пальца

8.1 Структура записи

Настоящий стандарт определяет структуру записи данных изображения отпечатка пальца. Каждая запись должна относиться к одному субъекту и содержать данные изображения одного или нескольких представлений одного или нескольких пальцев или ладони (ладоней). Структура формата записи изображения отпечатка пальца представлена на рисунке 2.

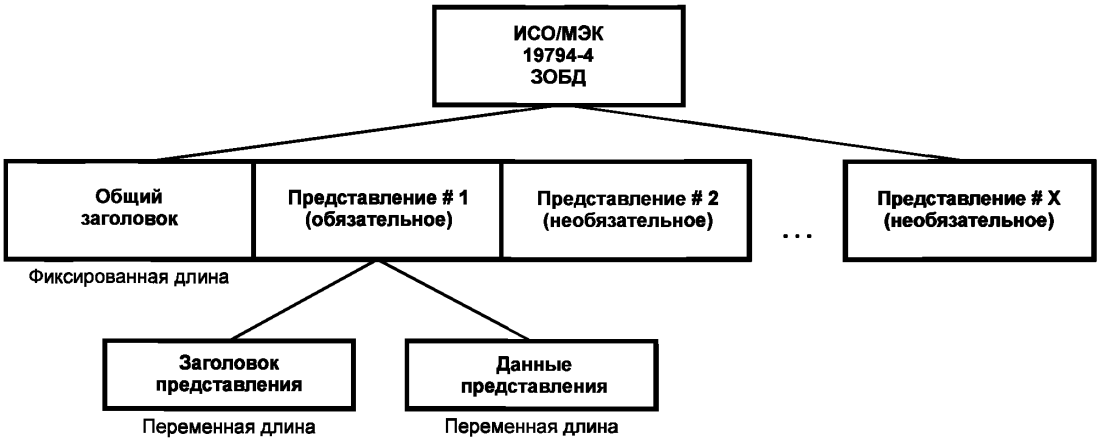


Рисунок 2 — Структура формата записи изображения отпечатка пальца

На рисунке 3 подробно показан порядок расположения полей и длина каждого поля. Поля, выделенные белым, являются обязательными. Поля, выделенные серым, являются дополнительными.

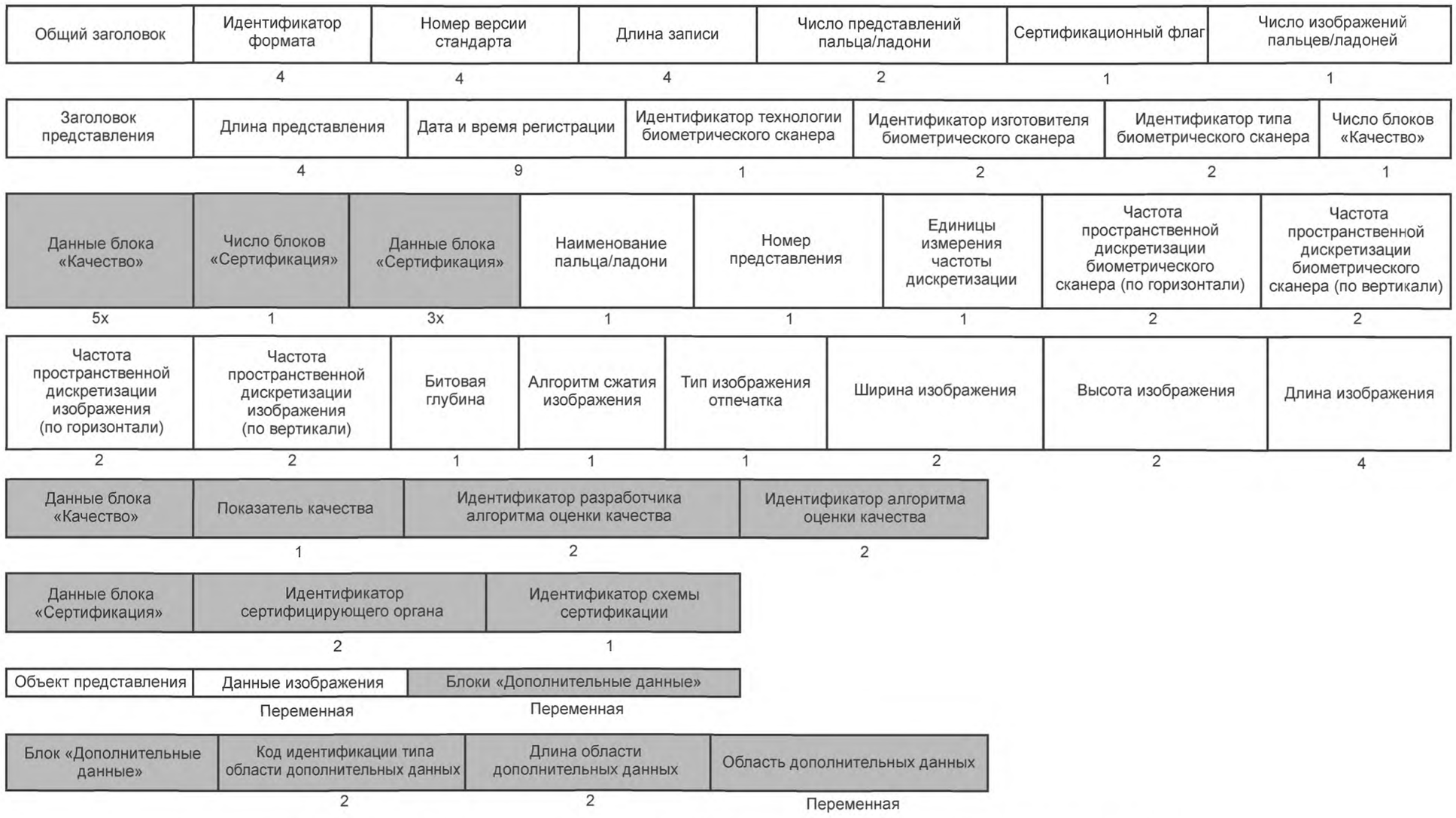


Рисунок 3 — Порядок расположения и размер полей записи изображения отпечатка пальца

Запись имеет следующую структуру:

- один блок «Общий заголовок» фиксированной длины (16 байт), содержащий информацию о записи в целом, включая число представлений изображений пальцев или ладоней и общую длину записи в байтах;

- запись для каждого представления пальца (отдельно зарегистрированного пальца, нескольких одновременно зарегистрированных пальцев или ладони), состоящая из:

блока «Заголовок представления» переменной длины, содержащего информацию, относящуюся к данным изображения одного пальца, нескольких пальцев или ладони;

Примечание 1 — Каждый дополнительный блок «Качество» увеличивает длину записи на 5 байтов.

Примечание 2 — Длина блока «Заголовок представления» должна составлять минимум 42 байта, если представление содержит блок «Сертификация».

Примечание 3 — Каждый дополнительный блок «Сертификация» увеличивает длину записи на 3 байта;

тела представления отпечатка пальца или ладони переменной длины, содержащие:

- представление данных изображения в сжатом или несжатом виде для отдельно зарегистрированного пальца, нескольких одновременно зарегистрированных пальцев или ладони;

- дополнительные данные, содержащие информацию о сегментации отпечатков пальцев (для изображений одновременно зарегистрированных пальцев), аннотации и комментарии.

В приложении С приведен пример записи данных изображения отпечатка пальца в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

8.2 Блок «Общий заголовок»

8.2.1 Обязательные поля блока «Общий заголовок»

В таблице 1 представлен список обязательных полей, содержащихся в блоке «Общий заголовок» записи изображения отпечатка пальца. Поскольку данный блок имеет фиксированную длину, все поля данного блока должны быть заполнены.

Таблица 1 — Блок «Общий заголовок»

Поле	Длина (байт)	Допустимые значения	Примечание
Идентификатор формата	4	0x464952 ('F' 'I' 'R' 0x00)	"FIR" — запись изображения пальца
Номер версии стандарта	4	0x30323000 ('0' '2' '0' 0x00)	"020"
Длина записи	4	От 57 до (2^{32} – 1)	Включает все представления пальцев/ладоней, блоки «Качество» и блоки «Сертификация»[1)]
Число представлений пальца / ладони	2	От 1 до 672	[(14 вариантов наименований пальцев) + (11 вариантов наименований множества пальцев) + (17 кодов ладоней)]* 16 = 672 возможных представлений
Сертификационный флаг	1	0; 1	Указывает на наличие записи данных о сертификации в блоках «Заголовок представления»
Число изображений пальцев / ладоней	1	>=1	Число зарегистрированных пальцев и ладоней

[1] Если сертификационный флаг блока «Общий заголовок» = 0

$$\text{Длина} = 16 + \sum_{1}^{\text{число представлений}} (41 + 5*(\text{Число блоков «Качество»}) + \text{длина данных изображения} + \text{дополнительных данных}$$

Если сертификационный флаг блока «Общий заголовок» = 1

$$\text{Длина}=16+ \sum_{1}^{\text{число представлений}} (42 + 5*(\text{ Число блоков «Качество»})) + 3*(\text{Число блоков «Сертификация»}) \text{ длина данных изображения + длина области дополнительных данных)}$$

8.2.2 Поле «Идентификатор формата»

Для записи идентификатора формата необходимо использовать четыре байта: три символа «FIR» с нулевым символом на конце.

8.2.3 Поле «Номер версии стандарта»

Номер версии настоящего стандарта, используемого для создания ЗОБД изображения отпечатка пальца, должен содержаться в четырех байтах. Поле «Номер версии стандарта» является нультерминированной строкой с тремя символами ASCII.

Первый и второй символы обозначают номер версии стандарта, третий символ — номер поправки или изменения данной редакции.

Номер версии стандарта ИСО/МЭК 19794-4:2011 должен быть “020” — номер версии — 3, номер поправки/изменения — 0.

8.2.4 Поле «Длина записи»

Для указания длины всей ЗОБД (в байтах) должно использоваться четыре байта. Данное поле должно содержать в себе общую длину ЗОБД, включая длину блока «Общий заголовок» и всех записей представлений. Длина записи зависит от различных факторов.

8.2.5 Поле «Число представлений пальца/ладони»

Для указания общего числа представлений, содержащихся в ЗОБД, должно использоваться два байта. Для формирования записи необходимо как минимум одно представление. При наличии более одного представления любого пальца или ладони, данное число будет больше числа зарегистрированных пальцев или ладоней.

8.2.6 Поле «Сертификационный флаг»

Данное однобайтовое поле должно указывать на наличие записи данных о сертификации в каждом блоке «Заголовок представления». Значение 0x00 указывает на то, что ни одно из представлений не содержит запись данных о сертификации, а значение 0x01 на то, что все представления содержат запись данных о сертификации.

Примечание — Существующая запись данных о сертификации может не содержать информации о сертификации (в таком случае в поле «Число сертификаций» стоит значение 0).

8.2.7 Поле «Число изображений пальцев/ладоней»

Для записи числа изображений пальцев или ладоней, содержащихся в записи, должен использоваться один байт. Изображение нескольких одновременно зарегистрированных пальцев считается одним изображением пальца.

Пример 1 — Если запись содержит два изображения указательного пальца правой руки (код наименования 2 в таблице 6) и два изображения указательного пальца левой руки (код наименования 7 в таблице 6), то значение поля «Число изображений пальцев / ладоней», согласно кодировке в данном пункте, будет 2. Число представлений в данном случае, согласно 8.2.5, будет 4.

Пример 2 — Если запись содержит два изображения указательного пальца правой руки (код наименования 2 в таблице 6), одно изображение указательного и среднего пальцев левой руки (код наименования 43 в таблице 7) и одно изображение четырех пальцев правой руки (код наименования 13 в таблице 6), то значение поля «Число изображений пальцев / ладоней», согласно кодировке в данном пункте, будет 3. Число представлений в данном случае, согласно 8.2.5, будет 4.

8.3 Блок «Заголовок представления»

8.3.1 Обязательные поля блока «Заголовок представления»

С блока «Заголовок представления» должен начинаться каждый раздел данных об отпечатке пальца или ладони. Блок «Заголовок представления» должен содержать информацию о данном представлении изображения одного пальца, нескольких пальцев или ладони. В записи изображения отпечатка пальца должен содержаться один блок «Заголовок представления» для каждого представления. Длина блока «Заголовок представления» должна составлять минимум 41 или 42 байта (в зависимости от значения поля «Сертификационный флаг» в блоке «Общий заголовок»). Сжатые или несжатые данные изображения данного представления должны следовать за блоком «Заголовок представления». Дополнительные представления пальца (включая заголовок) присоединяются к концу предыдущего представления. В таблице 2 приведен список полей, содержащихся в блоке «Заголовок представления», предшествующем каждому блоку данных изображения пальца/ладони. В таблице 3 перечислены данные изображения пальца/ладони и различные типы дополнительных данных, связанные с представлением отпечатка пальца.

Таблица 2 — Блок «Заголовок представления»

Поле	Длина (байт)	Допустимые значения	Примечание
Длина представления	4	От 0x41 до 0xFFFFFFFF	Поле «Длина представления» должно содержать длину представления в байтах, включая длину полей блока «Заголовок представления»
Дата и время регистрации	9	См. ИСО/МЭК 19794-1	Поле «Дата и время регистрации» должно содержать дату и время регистрации представления по Гринвичу (универсальное глобальное время). Значение должно быть записано в 9 байтах. Значения данного поля должны быть закодированы в соответствии с требованиями ИСО/МЭК 19794-1
Идентификатор технологии биометрического сканера	1	От 0 до 20	Поле «Идентификатор технологии биометрического сканера» (1 байт) должно содержать сведения о классе биометрического сканера, используемого для регистрации биометрического образца. Если технология неизвестна или не определена, то должно быть установлено значение 0x00. Допустимые значения представлены в таблице 4
Идентификатор изготовителя биометрического сканера	2	От 0x0000 до 0xFFFF	Поле «Идентификатор изготовителя биометрического сканера» (2 байта) должно содержать информацию о биометрической организации, являющейся владельцем продукта, при помощи которого была создана ЗОБД. Идентификатор изготовителя биометрического сканера должен быть закодирован в 2 байтах и включать идентификатор организации — участника ЕСФОБД (зарегистрированный МАБП[1)] или другим разрешенным регистрационным органом). Если данное поле содержит нули, то изготовитель биометрического сканера неизвестен
Идентификатор типа биометрического сканера	2	От 0x0000 до 0xFFFF	Поле «Идентификатор типа биометрического сканера» должно содержать информацию о типе продукта, создающего ЗОБД. Тип продукта определяется владельцем зарегистрированного продукта или другим разрешенным регистрационным органом. Если данное поле содержит нули, то тип биометрического сканера неизвестен. Если идентификатор изготовителя биометрического сканера равен 0x0000, то идентификатор типа биометрического сканера также должен быть равен 0x0000
Запись данных о качестве (блоки «Качество»)	От 1 до 1276 (от 1 до 1 + (255 * 5))	Более подробная информации представлена в таблице 5 стандарта ИСО/МЭК 19794-1:2011	Запись данных о качестве должна состоять из поля «Число блоков «Качество» (1 байт), за которым следуют блоки «Качество» (если они имеются). В поле «Число блоков «Качество» должно быть указано число блоков «Качество» в виде целого числа без знака. Каждый блок «Качество» должен состоять из полей: - «Показатель качества», - «Идентификатор разработчика алгоритма оценки качества»,

[1)] МАБП — Международная ассоциация биометрической промышленности (The International Biometric Industry Association (IBIA)).

Продолжение таблицы 2

Поле	Длина (байт)	Допустимые значения	Примечание
Запись данных о качестве (блоки «Качество»)	От 1 до 1276 (от 1 до 1 + (255 * 5))	Более подробная информации представлена в таблице 5 стандарта ИСО/МЭК 19794-1:2011	- «Идентификатор алгоритма оценки качества». Поле «Показатель качества» (1 байт) определяет количественное выражение расчетных эксплуатационных характеристик биометрического образца, представляется в виде целого числа без знака. Допустимыми значениями являются: - от 0 до 100, где бóльшие значения отражают более высокое качество, - 255, т. е. 0xFF — ошибка при вычислении показателя качества. Поле «Идентификатор разработчика алгоритма оценки качества» должно содержать информацию об организации, предоставившей алгоритм оценки качества. Идентификатор разработчика алгоритма оценки качества должен быть закодирован в 2 байтах и включать идентификатор организации — участника ЕСФОБД (зарегистрированной МАБП или другим разрешенным регистрационным органом). Если данное поле содержит нули, то разработчик алгоритма оценки качества не определен. Поле «Идентификатор алгоритма оценки качества» должно содержать информацию об алгоритме оценки качества, с помощью которого был рассчитан показатель качества. Данное значение определяется разработчиком алгоритма оценки качества или другим разрешенным регистрационным органом. Значение должно быть закодировано в 2 байтах. Если данное поле содержит нули, то алгоритм оценки качества не определен
Запись данных о сертификации (блоки «Сертификация»)	От 0 до 766 (от 1 до 1 + (255 * 3))	См. ИСО/МЭК 19794-1	Запись данных о сертификации существует только в том случае, если поле «Сертификационный флаг» в блоке «Общий заголовок» имеет значение 1. Запись данных о сертификации должна состоять из поля «Число блоков «Сертификация» (1 байт), за которым следуют блоки «Сертификация» (если они имеются). В поле «Число блоков «Сертификация» должно быть указано число блоков «Сертификация» в виде целого числа без знака. Каждый блок «Сертификация» должен состоять из полей: - «Идентификатор сертифицирующего органа»; - «Идентификатор схемы сертификации». Идентификатор сертифицирующего органа должен содержать информацию о сертифицирующем органе, проводившем сертификацию в соответствии со схемой сертификации. Идентификатор сертифицирующего органа должен быть закодирован в 2 байтах и включать идентификатор организации — участника ЕСФОБД (зарегистрированной МАБП или другим разрешенным регистрационным органом). Идентификатор схемы сертификации должен содержать информацию о схеме сертификации, в соответствии с которой была проведена сертификация. Идентификатор схемы сертификации должен быть закодирован в 1 байте. Список идентификаторов схемы сертификации представлен в таблице 5

Окончание таблицы 2

Поле	Длина (байт)	Допустимые значения	Примечание
Наименование пальца/ладони	1	От 0 до 10; от 13 до 15; от 20 до 36; от 40 до 50	См. таблицы 6–9
Номер представления	1	От 0 до 15	—
Битовая глубина	1	От 1 до 16 битов	2 — 65535 уровней серого
Алгоритм сжатия изображения	1	От 0 до 5	См. таблицу 9
Высота изображения	2	От 0 до $(2^{16} - 1)$	Зависит от используемого датчика
Длина данных изображения	4	От 0 до $(2^{32} - 58)$	Число байтов сжатых/несжатых данных изображения

Таблица 3 — Данные изображения и дополнительные данные

Тип данных	Поле	Размер (байт)	Допустимые значения	Примечания
Данные изображения	Данные изображения пальца/ладони	$< 2^{32} - 1$	—	Сжатые или несжатые данные изображения
Блоки «Дополнительные данные»	Код идентификации типа области дополнительных данных	2	От 0x0001 до 0xFFFF	Сегментация, аннотация, комментарий или специальные данные разработчика/изготовителя. Значения > 0x0100 являются дополнительными данными разработчика/изготовителя
	Длина области дополнительных данных	2	От 0x0004 до 0xFFFF	
	Область дополнительных данных	(Длина данных) – 4		

8.3.2 Поле «Длина представления»

Поле «Длина представления» должно содержать длину представления в байтах, включая длину полей блока «Заголовок представления».

8.3.3 Поле «Дата и время регистрации»

Поле «Дата и время регистрации» должно содержать дату и время регистрации данного представления по Гринвичу (универсальное глобальное время). Данное поле не предназначено для кодирования момента времени, когда запись подверглась обработке. Значения поля «Дата и время регистрации» должны быть закодировано в соответствии с требованиями, указанными в стандарте ИСО/МЭК 19794-1.

8.3.4 Поле «Идентификатор технологии биометрического сканера»

Поле «Идентификатор технологии биометрического сканера» (1 байт) должно содержать сведения о классе биометрического сканера, используемого для регистрации биометрического образца. Если технология неизвестна или не определена, то должно быть установлено значение 0x00. Допустимые значения представлены в таблице 4.

Таблица 4 — Идентификатор технологии биометрического сканера

Идентификатор	Технология биометрического сканера
0	Неизвестна или не определена
1	Белого света, оптический, полного внутреннего отражения
2	Белого света, оптический, прямого отображения на поверхности Примечание — Устройство считывания карт должно иметь данный код технологии.
3	Белого света, оптический, бесконтактный

Окончание таблицы 4

Идентификатор	Технология биометрического сканера
4	Монохромный, видимой области спектра, оптический, полного внутреннего отражения
5	Монохромный, видимой области спектра, оптический, прямого отображения на поверхности
6	Монохромный, видимой области спектра, оптический, бесконтактный
7	Монохромный, инфракрасный, оптический, полного внутреннего отражения
8	Монохромный, инфракрасный, оптический, прямого отображения на поверхности
9	Монохромный, инфракрасный, оптический, бесконтактный
10	Мультиспектральный, оптический, полного внутреннего отражения
11	Мультиспектральный, оптический, прямого отображения на поверхности
12	Мультиспектральный, оптический, бесконтактный
13	Электролюминисцентный
14	Полупроводниковый, емкостной
15	Полупроводниковый, радиочастотный
16	Полупроводниковый, термальный
17	Сенсорный
18	Ультразвуковой
19	Механический
20	Стекловолоконный

8.3.5 Поле «Идентификатор изготовителя биометрического сканера»

Поле «Идентификатор изготовителя биометрического сканера» (2 байта) должно содержать информацию о биометрической организации, являющейся владельцем продукта, при помощи которого была создана ЗОБД. Идентификатор изготовителя биометрического сканера должен быть закодирован в 2 байтах и включать идентификатор организации — участника ЕСФОБД (зарегистрированный МАБП или другим разрешенным регистрационным органом). Если данное поле содержит нули, то изготовитель биометрического сканера неизвестен.

8.3.6 Поле «Идентификатор типа биометрического сканера»

Поле «Идентификатор типа биометрического сканера» должно содержать информацию о типе продукта, создающего ЗОБД. Тип продукта определяется владельцем зарегистрированного продукта или другим разрешенным регистрационным органом. Если данное поле содержит нули, то тип биометрического сканера неизвестен.

8.3.7 Запись данных о качестве (блоки «Качество»)

8.3.7.1 Общие положения

Информация о качестве общих данных изображения отпечатка пальца или ладони должна быть записана в один или несколько 5-байтовых блоков, если значение поля «Число блоков «Качество» больше 0.

Последовательные 5-байтовые блоки должны содержать информацию о показателе качества, разработчике алгоритма оценки качества и об алгоритме оценки качества. На рисунке 4 представлено расположение и запись нескольких блоков качества.

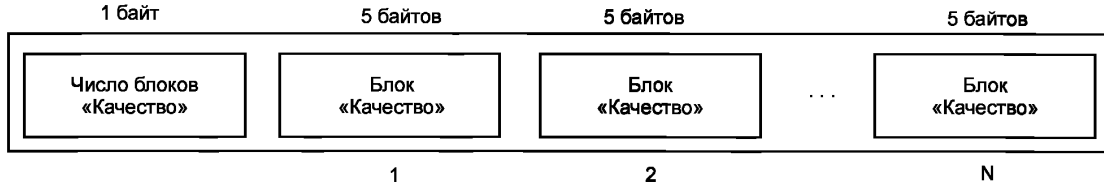


Рисунок 4 — Диаграмма блоков «Качество» изображения отпечатка пальца или ладони

8.3.7.2 Поле «Число блоков «Качество»

Первый байт является обязательным и должен содержать число блоков «Качество» изображения отпечатка пальца или ладони. Нулевое значение поля означает, что ни одной попытки оценить качество не производилось. В таком случае запись данных о качестве не содержит ни одного блока «Качество».

8.3.7.3 Поле «Показатель качества»

Показатель качества, как определено в стандарте ИСО/МЭК 29794-1, должен быть записан в первом байте каждого 5-байтового блока. Показатель качества должен представлять собой численное выражение расчетных характеристик верификации биометрического образца. Допустимыми значениями для показателя качества являются целые числа в диапазоне от 0 (минимальное значение показателя качества) до 100 (максимальное значение показателя качества). Значение 255 — неудачная попытка вычисления показателя качества.

8.3.7.4 Поле «Идентификатор разработчика алгоритма оценки качества»

Чтобы отличать показатели качества, рассчитанные с помощью разных алгоритмов, в данном поле (2 байта) должен быть указан идентификатор разработчика алгоритма оценки качества. Данный идентификатор регистрируется МАБП или другим разрешенным регистрационным органом.

8.3.7.5 Поле «Идентификатор алгоритма оценки качества»

Оставшиеся два байта должны содержать целочисленный код продукта, определенный разработчиком алгоритма оценки качества. Данный код показывает, какой из алгоритмов разработчика (и версия) использовался при расчете показателя качества. Допустимые значения данного поля — от 0 до 65535. В одном представлении не должны находиться показатели качества, вычисленные при помощи одного и того же алгоритма (с одинаковым идентификатором разработчика алгоритма оценки качества и идентификатором алгоритма оценки качества).

8.3.8 Запись данных о сертификации (блоки «Сертификация»)

8.3.8.1 Общие положения

Данный многобайтовый блок содержит информацию о сертификации биометрического сканера. Запись данных о сертификации должна состоять из поля «Число блоков «Сертификация», за которым следуют 3-байтовые блоки «Сертификация», если значение поля «Число блоков «Сертификация» больше 0. Каждый блок «Сертификация» должен состоять из полей: «Идентификатор сертифицирующего органа» и «Идентификатор схемы сертификации». Если сертификационный флаг в блоке «Общий заголовок» имеет значение 0x00, то ни в одном блоке «Заголовок представления» данной записи изображения отпечатка пальца не должна присутствовать информация о сертификации биометрического сканера.

8.3.8.2 Поле «Число блоков «Сертификация»

Первый байт является обязательным и должен содержать число блоков «Сертификация» для биометрического сканера в виде целого числа без знака.

8.3.8.3 Поле «Идентификатор сертифицирующего органа»

Первые два байта каждого блока «Сертификация» должны содержать идентификатор организации — участника ЕСФОБД, присвоенный сертифицирующему органу (зарегистрированный МАБП или другим разрешенным регистрационным органом). Данная организация проводит сертификацию биометрического сканера в соответствии с определенной схемой сертификации.

8.3.8.4 Поле «Идентификатор схемы сертификации»

Последний байт каждого блока «Сертификация» должен содержать информацию о схеме сертификации, использовавшейся для сертификации биометрического сканера. Список актуальных идентификаторов схем сертификации представлен в таблице 5.

Таблица 5 — Идентификаторы для схем сертификации, указанных в приложениях

Идентификатор схемы сертификации	Приложение
0x00	Зарезервировано ПК 37 для дальнейшего использования
0x01	0 — Спецификация качества изображения для АСИОП
0x02	0 — Спецификация качества изображения для верификации личности
0x03	0 — Требования и методика испытания биометрических сканеров отпечатков пальцев
0x04 – 0xFF	Зарезервировано ПК 37 для дальнейшего использования

8.3.9 Поле «Наименование пальца/ладони»

Данное однобайтное поле должно содержать код наименования пальца или ладони. Код 0 зарезервирован для неизвестного пальца. Коды с 1 по 10 из таблицы 6 должны быть использованы для отдельных пальцев. Коды 13 и 14 используют для обозначения изображений, содержащих четыре пальца правой и левой руки соответственно. В таблице 7 представлен список кодов наименований комбинаций двух и трех пальцев, зарегистрированных одновременно. Код 15 используют для обозначения изображений двух больших пальцев, зарегистрированных одновременно, а код 46 используют для обозначения двух указательных пальцев, зарегистрированных одновременно. Отсутствие одного или нескольких пальцев при одновременной регистрации, должно быть отражено в аннотации, содержащейся в блоке «Дополнительные данные» (см. 8.4.4).

Таблица 6 — Коды наименований пальцев

Наименование пальца	Код
Неизвестный палец	0
Большой палец правой руки	1
Указательный палец правой руки	2
Средний палец правой руки	3
Безымянный палец правой руки	4
Мизинец правой руки	5
Большой палец левой руки	6
Указательный палец левой руки	7
Средний палец левой руки	8
Безымянный палец левой руки	9
Мизинец левой руки	10
Четыре пальца правой руки (без большого)	13
Четыре пальца левой руки (без большого)	14
Большой палец левой руки и большой палец правой руки	15

Таблица 7 — Коды наименований комбинаций из двух и трех пальцев

Наименования пальцев	Код
Комбинации из двух пальцев	
Указательный и средний палец правой руки	40
Средний и безымянный палец правой руки	41
Безымянный и мизинец правой руки	42
Указательный и средний палец левой руки	43
Средний и безымянный палец левой руки	44
Безымянный и мизинец левой руки	45
Указательный палец правой и левой руки	46
Комбинации из трех пальцев	
Указательный, средний и безымянный палец правой руки	47
Средний, безымянный и мизинец правой руки	48
Указательный, средний и безымянный палец левой руки	49
Средний, безымянный и мизинец левой руки	50

Коды наименований ладони представлены в таблице 8. Изображение отпечатка всей ладони должно включать в себя область ладони от запястья до средних межфаланговых суставов пальцев.

Изображение отпечатка верхней части ладони включает в себя область от основания межпальцевых подушечек до средних межфаланговых суставов пальцев. Изображение отпечатка нижней часть ладони включает в себя область от запястья до основания межпальцевых подушечек.

Таблица 8 — Коды наименований ладони

Наименование ладони	Код
Неизвестная ладонь	20
Полная ладонь правой руки	21
«Ладонь писателя» правой руки	22
Полная ладонь левой руки	23
«Ладонь писателя» левой руки	24
Нижняя часть ладони правой руки	25
Верхняя часть ладони правой руки	26
Нижняя часть ладони левой руки	27
Верхняя часть ладони левой руки	28
Другая часть ладони правой руки	29
Другая часть ладони левой руки	30
Межпальцевые подушечки правой руки	31
Тенар правой руки	32
Гипотенар правой руки	33
Межпальцевые подушечки левой руки	34
Тенар левой руки	35
Гипотенар левой руки	36

8.3.10 Поле «Номер представления»

Данное однобайтное поле должно содержать номер представления определенного изображения (изображения пальца, нескольких пальцев или ладони).

8.3.11 Поле «Единица измерения частоты дискретизации»

Поле «Единица измерения частоты дискретизации» должно содержать единицы измерения, используемые для описания частоты пространственной дискретизации биометрического сканера и изображения. Значение поля 0x01 соответствует единице измерения пиксель/дюйм, значение 0x02 — пиксель/см.

Примечание — В данном поле используется единица измерения дюйм, которая не входит в международную систему единиц. Это необходимо для ввода данных в поля согласно пунктам 8.3.12—8.3.15, представляющих собой целочисленные значения (например, 500 пикселей/дюйм) и для исключения использования чисел с плавающей точкой, присутствующих во многих системах, или ошибок, связанных с округлением значений.

8.3.12 Поле «Частота пространственной дискретизации биометрического сканера (горизонтальная)»

Данное 2-байтовое поле должно содержать округленное значение частоты пространственной дискретизации биометрического сканера в горизонтальном направлении. Единица измерения частоты пространственной дискретизации биометрического сканера (пиксель/дюйм или пиксель/см) содержится в поле «Единица измерения частоты дискретизации».

8.3.13 Поле «Частота пространственной дискретизации биометрического сканера (вертикальная)»

Данное 2-байтовое поле должно содержать округленное значение частоты пространственной дискретизации биометрического сканера в вертикальном направлении. Единица измерения частоты пространственной дискретизации биометрического сканера (пиксель/дюйм или пиксель/см) содержится в поле «Единица измерения частоты дискретизации».

8.3.14 Поле «Частота пространственной дискретизации изображения (горизонтальная)»

Данное 2-байтовое поле должно содержать округленное значение частоты пространственной дискретизации изображения отпечатка пальца в горизонтальном направлении. Единица измерения

частоты пространственной дискретизации изображения (пиксель/дюйм или пиксель/см) содержится в поле «Единица измерения частоты дискретизации». Определенные комбинации значений частот пространственной дискретизации биометрического сканера и изображения могут приводить к частичному перекрытию точек или образованию пустых пространств между пикселями зарегистрированного изображения.

8.3.15 Поле «Частота пространственной дискретизации изображения (вертикальная)»

Данное 2-байтовое поле должно содержать округленное значение частоты пространственной дискретизации изображения отпечатка пальца в вертикальном направлении. Единица измерения частоты пространственной дискретизации изображения (пиксель/дюйм или пиксель/см) содержится в поле «Единица измерения частоты дискретизации». Определенные комбинации значений частот пространственной дискретизации биометрического сканера и изображения могут приводить к частичному перекрытию точек или образованию пустых пространств между пикселями зарегистрированного изображения.

8.3.16 Поле «Битовая глубина»

Данное однобайтное поле должно содержать число битов, используемых для представления пикселя. Данное поле должно содержать значение из диапазона от 0x01 до 0x10.

8.3.17 Поле «Алгоритм сжатия изображения»

Данное однобайтное поле должно содержать информацию о методе, который используется для записи сжатых или несжатых изображений. Доступные значения данного поля указаны в таблице 9. Несжатые данные изображения должны быть записаны в неупакованной или упакованной форме. При использовании неупакованной формы, битовая глубина которых превышает 8 битов, значение каждого пикселя должно быть записано в 2 байтах и выровнено по правому краю.

Таблица 9 — Коды алгоритмов сжатия изображений

Код	Алгоритм сжатия	Нормативные ссылки	Допустимая частота пространственной дискретизации
0	Нет — биты неупакованы	Нет данных	Все
1	Нет — биты упакованы	Нет данных	Все
2	WSQ	IAFIS_IC-0110 Приложение E	197 пикселей/см
3	JPEG (с потерями)	ИСО/МЭК 10918-1	Только для данных, представленных в устаревшем формате 197 пикселей/см
4	JPEG 2000 (с потерями)	ИСО/МЭК 15444	394 пикселя/см
5	JPEG 2000 (без потерь)	ИСО/МЭК 15444	От 197 до 394 пикселей/см
6	PNG (Portable Network Graphics)	ИСО/МЭК 15948	Все

Если код алгоритма сжатия равен 2, то для сжатия черно-белых изображений с битовой глубиной 8 битов и частотой пространственной дискретизации 197 пикселей/см (500 пикселей/дюйм) должен использоваться алгоритм сжатия WSQ (метод скалярного квантования вейвлет-коэффициентов), описанного в Приложении E; коэффициент сжатия алгоритма должен быть ограничен значением 15:1[1)]. Алгоритм сжатия WSQ не должен использоваться для сжатия изображений, зарегистрированных биометрическим сканером с частотой пространственной дискретизации 394 пикселя/см (1000 пикселей/дюйм).

Если код алгоритма сжатия равен 3, то для сжатия черно-белых изображений с битовой глубиной 8 битов и частотой пространственной дискретизации 197 пикселей/см (500 пикселей/дюйм) должен использоваться алгоритм сжатия JPEG, описанный в стандарте ИСО/МЭК 10918-1. Однако алгоритм сжатия JPEG не должен использоваться в новых приложениях. Настоящий стандарт поддерживает кодирование ранее зарегистрированных изображений в формате JPEG.

Если код алгоритма сжатия равен 4,то для сжатия черно-белых изображений с битовой глубиной 8 битов и частотой пространственной дискретизации 394 пикселя/см (1000 пикселей/дюйм) должен использоваться алгоритм сжатия JPEG 2000, описанный в стандарте ИСО/МЭК 15444. При использовании данного алгоритма сжатия должны быть включены настройки профиля JPEG 2000, установленные в «Профиль для сжатия отпечатков пальцев с разрешением 1000 пикселей/дюйм».

[1)] Информация об алгоритме сжатия WSQ представлена по ссылке http://fingerprint.nist.gov/wsq.

Если код алгоритма сжатия равен 5, то для сжатия изображений должен использоваться алгоритм PNG, описанный в стандарте ИСО/МЭК 15948.

Примечание — Для изображений с частотой пространственной дискретизации 394 пикселя/см (1000 пикселей/дюйм) рекомендуется использовать алгоритм сжатия JPEG 2000, а коэффициент сжатия должен быть ограничен значением 15:1. Данный коэффициент сжатия следует рассматривать в качестве максимального значения, а в тех случаях, когда позволяет пропускная способность и/или емкость запоминающего устройства, использование более низких уровней сжатия приведет к улучшению качества изображения, особенно в случае применения устройств с маленькими датчиками. Для изображений с частотой пространственной дискретизации 197 пикселей/см (500 пикселей/дюйм) рекомендуется использовать алгоритм сжатия WSQ, а коэффициент сжатия должен быть ограничен значением 15:1. Для изображений с частотой пространственной дискретизации более 197 пикселей/см (500 пикселей/дюйм) рекомендуется использовать алгоритм сжатия JPEG 2000. Для сжатия изображений с другими значениями частоты пространственной дискретизации рекомендации не предоставлены.

8.3.18 Поле «Тип изображения отпечатка»

Тип изображения отпечатка пальца или ладони должен быть записан в однобайтовое поле. Коды данного поля указаны в таблице 10. Код 2,3 и 11 относится к изображениям, полученным путем сканирования дактилокарт или других носителей. Код 24 относится к изображениям, зарегистрированным с использованием биометрических сканеров, не требующих прикосновения пальца к рабочей поверхности биометрического сканера.

Таблица 10 — Коды типов изображения отпечатка пальца и ладони

Код	Описание
0	«Живой» отпечаток пальца, зарегистрированный контактным методом
1	«Живой» отпечаток пальца, зарегистрированный методом прокатки
2	«Не живой» отпечаток пальца, зарегистрированный контактным методом
3	«Не живой» отпечаток пальца, зарегистрированный методом прокатки
4	След отпечатка пальца
5	След отпечатка пальца, зарегистрированный методом трассировки
6	Снимок следа отпечатка пальца
7	След отпечатка пальца, зарегистрированный методом повышения/подтягивания
8	«Живой» отпечаток пальца, зарегистрированный методом протяжки
9	Отпечаток пальца, зарегистрированный методом вертикальной прокатки
10	«Живой» отпечаток ладони
11	«Не живой» отпечаток ладони
12	След отпечаток ладони
13	След отпечатка ладони, зарегистрированный методом трассировки
14	Снимок следа отпечатка ладони
15	След отпечатка ладони, зарегистрированный методом повышения/подтягивания
20—23	Зарезервировано ПК 37 для дальнейшего использования
24	«Живой» отпечаток, зарегистрированный оптическим бесконтактным методом
25—27	Зарезервировано ПК 37 для дальнейшего использования
28	Другой
29	Неизвестный

8.3.19 Поле «Ширина изображения»

Данное 2-байтовое поле должно использоваться для указания числа пикселей, содержащихся в горизонтальной линии передаваемого изображения.

8.3.20 Поле «Высота изображения»

Данное 2-байтовое поле должно использоваться для указания числа горизонтальных линий, содержащихся в передаваемом изображении.

8.3.21 Поле «Длина данных изображения»

Данное 4-байтовое поле должно содержать длину (число байтов) сжатых или несжатых данных изображения, содержащихся в данном представлении. Длина данных изображения используется для перехода через сжатые данные изображения на первый байт в блок «Дополнительные данные» или на следующее представление.

8.3.22 Поле «Данные изображения отпечатка пальца/ладони»

Данное поле должно содержать данные черно-белого изображения, отформатированные и записанные в соответствии с указанным алгоритмом сжатия изображения.

8.4 Блок «Дополнительные данные»

8.4.1 Назначение блока «Дополнительные данные»

Блок «Дополнительные данные» используют для ввода дополнительной информации, которая может быть востребована устройствами биометрической идентификации. Длина данного блока должна оставаться минимальной, т.к. он увеличивает объем данных, хранящихся в записи. Блок «Дополнительные данные» для каждого представления пальца должен следовать непосредственно за стандартными данными изображения данного представления. Каждое представление пальца может быть дополнено несколькими областями дополнительных данных. Индивидуальные поля «Длина области дополнительных данных» используют в качестве индексов для поиска дополнительных данных.

Примечание — Дополнительные данные могут использоваться только совместно со стандартной частью записи изображения.

Область дополнительных данных предусматривает возможность включения в формат изображения данных разработчика, но это не подразумевает альтернативного представления данных, которые могут быть представлены открытым способом в соответствии с настоящим стандартом. Целью настоящего стандарта является обеспечение совместимости данных.

8.4.2 Структура блока «Дополнительные данные»

8.4.2.1 Поле «Код идентификации типа области дополнительных данных»

Длина поля «Код идентификации типа области дополнительных данных» должна составлять два байта. Данное поле должно содержать формат области дополнительных данных, если такая область присутствует. Нулевое значение является зарезервированным и не должно использоваться. Нулевое значение в первом байте с последующим ненулевым значением во втором должно означать, что формат области дополнительных данных определен в настоящем стандарте; на данный момент установлены только форматы сегментации, аннотации и комментария (см. 8.4.3—8.4.5). Ненулевое значение в первом байте должно означать, что формат дополнительных данных задается изготовителем с кодом, обслуживаемым изготовителем. Коды идентификации типа области дополнительных данных приведены в таблице 11.

Таблица 11 — Коды идентификации типа области дополнительных данных

Первый байт	Второй байт	Идентификация
0x00	0x00	Зарезервировано ПК 37 для дальнейшего использования
0x00	0x01	Сегментация
0x00	0x02	Аннотация
0x00	От 0x03 до 0xFF	Комментарий
От 0x01 до 0xFF	От 0x00 до 0xFF	Дополнительные данные, указываемые изготовителем

8.4.2.2 Поле «Длина области дополнительных данных»

Длина области дополнительных данных должна быть записана в двух байтах. Данное значение применяется для перехода к следующему полю идентификации типа области дополнительных данных в том случае, если подсистема сравнения не способна дешифровать или использовать эти данные. Данное поле (4 байта) содержит число полей «Длина области дополнительных данных» и полей «Код идентификации типа области дополнительных данных».

8.4.2.3 Поле «Область дополнительных данных»

Данное поле определяется и форматируется в соответствии с кодом идентификации типа, используемым оборудованием, создающим запись изображения отпечатка пальца или общими форматами дополнительных данных, содержащихся в настоящем стандарте для сегментации, аннотации и комментария.

8.4.3 Формат данных о сегментации

Если код идентификации типа области дополнительных данных равен 0x0001, то область дополнительных данных содержит данные о сегментации и качестве каждого сегмента отпечатка пальца, зарегистрированного контактным методом. Область дополнительных данных содержит значение показателя точности расположения сегментированного (ых) пальца (ев) в рамках одного изображения нескольких одновременно зарегистрированных пальцев, данные о качестве изображения каждого из сегментированных пальцев и расположении каждого из сегментов изображения отдельных пальцев. Перечень обязательных полей для области дополнительных данных, содержащей данные о сегментации, приведен в таблице 12.

Таблица 12 — Данные о сегментации

Поле			Раздел	Длина (байт)	Допустимые значения	Примечание
Идентификатор алгоритма оценки качества сегментации и идентификатор разработчика алгоритма			8.4.3.1	4	–	Идентификатор разработчика алгоритма присваивается МАБП. Идентификатор алгоритма оценки качества сегментации присваивается разработчиком (может быть зарегистрирован МАБП по желанию разработчика)
Показатель качества сегментации			8.4.3.2	1	От 0 до 100, 254 или 255	254 — показатель качества отсутствует; 255 — ошибка при вычислении показателя качества
Идентификатор алгоритма оценки качества изображения отпечатка пальца и идентификатор разработчика алгоритма			8.4.3.3	4	От 0x0000 до 0xFFFF От 0x0000 до 0xFFFF	Идентификатор разработчика алгоритма присваивается МАБП. Идентификатор алгоритма оценки качества изображения отпечатка пальца присваивается разработчиком (может быть зарегистрирован МАБП по желанию разработчика)
Число сегментов			8.4.3.4	1	0,1,2,3,4,255	—
Данные сегментов пальцев от 1 до 4	Наименование пальца		8.4.3.5.2	1	От 0 до 10	См. таблицу 6
	Показатель качества изображения отпечатка пальца		8.4.3.5.3	1	От 0 до 100, 254 или 255	254 — показатель качества отсутствует; 255 — ошибка при вычислении показателя качества
	Число пар координат		8.4.3.5.4	1	От 2 до 99	Должно присутствовать 2 или более пар координат
	Координаты (от 4 до 99)	Координата X (горизонтальная ось)	8.4.3.5.4.1	2	От 0 до 2^{16}-1	—
		Координата Y (вертикальная ось)	8.4.3.5.4.2	2	От 0 до 2^{16} – 1	—
	Ориентация пальца		8.4.3.5.5	1	От 0 до 255	—

8.4.3.1 Поле «Идентификатор алгоритма оценки качества сегментации и идентификатор разработчика алгоритма»

Значение сегментации должно быть интерпретировано с учетом метода, который применялся для оценки правильности сегментации.

В следующих четырех байтах должен содержатся идентификатор алгоритма оценки качества сегментации и идентификатор разработчика алгоритма. Идентификатор разработчика алгоритма оценки качества сегментации представлен числом в 16-битовом формате, присвоенный разработчику МАБП. Последние два байта должны содержать идентификатор алгоритма оценки качества сегментации. Данное поле должно содержать двоичное представление целочисленного кода продукта, допустимые значения — от 1 до 65535. Данное значение присваивается разработчиком алгоритма, который также может зарегистрировать его в МАБП. Значение 0x00 каждого из этих байтов указывает на то, что идентификатор разработчика алгоритма и идентификатор алгоритма оценки качества сегментации неизвестны.

8.4.3.2 Поле «Показатель качества сегментации»

Данное поле должно содержать значение правильности расположения сегментированного пальца. Данное поле должно содержать двоичное представление целочисленного показателя качества сегментации с допустимым значением от 0 до 100. Значение 254 указывает на отсутствие показателя качества сегментации, а значение 255 указывает на наличие ошибки при определении показателя качества сегментации.

8.4.3.3 Поле «Идентификатор алгоритма оценки качества изображения отпечатка пальца и идентификатор разработчика алгоритма»

Значения качества биометрического образца должны быть интерпретированы с учетом метода, который применялся для оценки качества.

В следующих четырех байтах должен содержатся идентификатор алгоритма оценки качества изображения отпечатка пальца и идентификатор разработчика алгоритма. Первые два байта должны содержать идентификатор разработчика алгоритма оценки качества изображения отпечатка пальца. Идентификатор разработчика алгоритма оценки качества изображения отпечатка пальца представлен числом в 16-битовом формате, присвоенный разработчику МАБП. Последние два байта должны содержать идентификатор алгоритма оценки качества изображения отпечатка пальца. Данное поле должно содержать двоичное представление целочисленного кода продукта, допустимые значения — от 1 до 65535. Данное значение присваивается разработчиком алгоритма, который также может зарегистрировать его в МАБП. Значение 0x00 каждого из этих байтов указывает на то, что идентификатор разработчика алгоритма и идентификатор алгоритма оценки качества неизвестны.

8.4.3.4 Поле «Число сегментов»

Данное однобайтное поле должно содержать число последующих сегментов отпечатков пальцев. Если представлено изображение отпечатка нескольких одновременно зарегистрированных пальцев, то полю должно быть присвоено значение 0. В случае ошибки данному полю должно быть присвоено значение 255.

8.4.3.5 Формат данных о сегменте

8.4.3.5.1 Общие положения

Следующие поля должны присутствовать для каждого представленного изображения сегментированного пальца. Каждый сегмент должен определяться наименованием пальца, качеством изображения, числом точек, использованных для определения сегмента, и координатами каждой точки. В случае с прямоугольными граничащими ячейками применяется четыре точки, и прямоугольник должен быть коллинеарен оси пальца.

8.4.3.5.2 Поле «Наименование пальца»

Первый элемент данных каждого сегмента указывает код пальца, в соответствии с таблицей 6.

8.4.3.5.3 Поле «Показатель качества изображения отпечатка пальца»

Второй байт должен представлять собой количественное выражение оценочной характеристики сравнения биометрического образца. Данное значение вычисляется при помощи алгоритма, установленного в 8.4.3.3. Данное поле должно содержать показатель качества изображения с допустимыми значениями от 0 до 100. Чем выше значение показателя качество, тем лучше качество изображения. Значение 254 указывает на отсутствие показателя качества изображения, а значение 255 указывает на наличие ошибки при определении показателя качества изображения.

8.4.3.5.4 Поле «Число пар координат»

Третий байт должен устанавливать число точек или вершин, использованных для охвата сегментированного изображения. Если сегмент охвачен многоугольником с числом сторон n, то данный байт

должен содержать значение из диапазона от 4 до 99. Наиболее частым случаем является значение 4, обозначающее повернутый прямоугольник.

Последовательность вершин должна быть указана согласно их следованию друг за другом по периметру многоугольника по часовой, либо против часовой стрелки.

Две вершины не должны располагаться в одном и том же месте. Сторона многоугольника, обозначенная последним подполем и первым подполем, должна завершать многоугольник. Многоугольник должен представлять собой простую, плоскую фигуру, стороны которой не пересекаются и не имеют разрывов. Каждая вершина прямоугольника или многоугольника должна быть представлена парой координат.

8.4.3.5.4.1 Поле «Координата X (горизонтальная ось)»

В двух байтах данного поля должно содержаться горизонтальное смещение пикселей вправо от исходного положения (верхний левый угол изображения).

8.4.3.5.4.2 Поле «Координата Y (вертикальная ось)»

В двух байтах данного поля должно содержаться вертикальное смещение пикселей вниз от исходного положения (верхний левый угол изображения).

8.4.3.5.5 Поле «Ориентация пальца»

Данное однобайтовое поле должно содержать значение угла между продольной осью пальца и горизонтальной осью. Закодированное целочисленное значение должно представлять собой физическую оценку угла в градусах, разделенную на 1,40625 = 360/256. Продольная ось пальца имеет положительные значения в направлении от межфаланговых сгибов до кончика пальца. На рисунке 5 показано измерение ориентации пальцев 07, 08, 09 и 10.

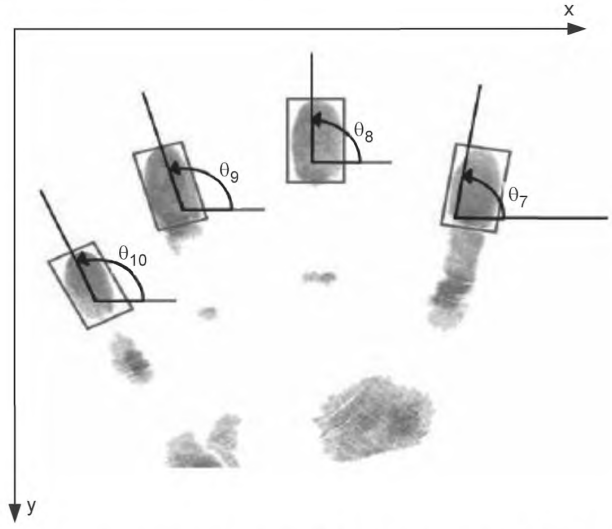


Рисунок 5 — Ориентация пальцев для осуществления сегментации

8.4.4 Формат данных аннотации

Если код идентификации типа области дополнительных данных равен 0x0002, то область дополнительных данных содержит аннотационную информацию. Данный формат предназначен для хранения дополнительной информации об отпечатках пальцев, содержащихся на больших изображениях отпечатков пальцев (например, изображение одновременно зарегистрированных двух или четырех пальцев). Перечень обязательных полей для области дополнительных данных, содержащей аннотации, приведен в таблице 13.

Таблица 13 — Данные аннотаций

Поле	Раздел	Длина (байт)	Допустимые значения	Примечание
Число аннотаций	8.4.4.1	1	От 1 до 4	—

Окончание таблицы 13

Поле		Раздел	Длина (байт)	Допустимые значения	Примечание
1 или больше аннотаций	Наименование пальца	8.4.4.2	1	От 0 до 10; от 13 до 15; от 40 до 50; от 20 до 36	См. таблицы с 6 по 8
	Код аннотации	8.4.4.3	1	От 1 до 2	0x01 — ампутированный палец 0x02 — непригодное изображение

8.4.4.1 Поле «Число аннотаций»

Данное однобайтное поле должно содержать число последующих аннотаций. Каждая аннотация состоит из двух элементов информации.

8.4.4.2 Поле «Наименование пальца»

Данное однобайтное поле должно содержать код наименования пальца, в соответствии с таблицами 6—8.

8.4.4.3 Поле «Код аннотации»

Данное однобайтное поле должно содержать код 0x01 для ампутированного пальца, и код 0x02 для перевязанного пальца или пальца, отпечаток которого невозможно зарегистрировать по другим причинам.

8.4.5 Формат комментария

Если код идентификации типа области дополнительных данных равен 0x0003, то область дополнительных данных содержит информацию в виде ASCII текста, связанную с зарегистрированным изображением или субъектом, предоставившим изображение. Комментарий вносится оператором, который создает запись отпечатка пальца или ладони. Нулевой символ на конце строки ASCII не нужен, т.к. указана длина.

9 Зарегистрированный идентификатор типа формата

Регистрация, представленная в таблице 14, была осуществлена регистрационным органом ЕСФОБД (см. ИСО/МЭК 19785-2) для идентификации формата записи изображения отпечатка пальца. Владельцем формата является ИСО/МЭК СТК 1/ПК 37, зарегистрированный идентификатор владельца формата — 257 (0x0101).

Таблица 14 — Идентификатор типа формата

Идентификатор типа формата ББД ЕСФОБД	Короткое имя	Полный идентификатор объекта
7 (0x0007)	finger-image	{iso registration-authority cbeff(19785) organization(0) 257 bdbs(0) finger-image (7)}

Приложение А
(обязательное)

Методология испытаний на соответствие

А.1 Общие положения

Настоящий стандарт определяет формат обмена биометрическими данными для хранения, записи и передачи одного или нескольких представлений пальцев и/или ладоней. Каждое представление начинается с заголовка записи, содержащего информацию о текущем представлении. Настоящее приложение определяет испытания для проверки корректности записи.

Цель настоящего стандарта не может быть полностью достигнута до тех пор, пока биометрические продукты не пройдут испытания на соответствие требованиям настоящего стандарта. Соответствие реализаций требованиям является необходимым условием для обеспечения взаимодействия между реализациями; по этой причине существует необходимость разработки стандартизированной методологии испытаний на соответствие, тестовых утверждений и методики испытаний применительно к конкретным биометрическим модальностям, рассмотренных в стандартах комплекса ИСО/МЭК 19794. Тестовыми утверждениями проверяется большая часть требований настоящего стандарта, и соответствие результатов, полученных с помощью тестовых наборов, показывает степень соответствия реализаций настоящему стандарту. Все это является стимулирующим фактором для разработки данной методологии испытаний на соответствие.

Настоящее приложение предназначено для определения элементов методологии испытаний на соответствие, тестовых утверждений и методик испытаний применительно к настоящему стандарту.

Приложение В
(обязательное)

Сертификация биометрических сканеров

В.1 Спецификация качества изображения для автоматизированной системы идентификации по отпечаткам пальцев (АСИОП)

В.1.1 Общие положения

Настоящая спецификация применима к: «биометрическим сканерам отпечатков пальцев» (системы сканирования и регистрации отпечатков пальцев[1)] в цифровом виде, в том числе с использованием сканеров машинописного текста, например, карточные сканеры), и к «принтерам отпечатков пальцев» (системы, использующие принтер для печати цифровых изображений отпечатков пальцев на печатной основе). Данные спецификации обеспечивают критерии для обеспечения качества получаемых изображений с биометрических сканеров отпечатков пальцев и принтеров, которые получают/создают изображения отпечатков пальцев из/в АСИОП.

Цифровые изображения, зарегистрированные при помощи биометрического сканера, должны обладать достаточным качеством для обеспечения: сравнения отпечатков пальцев для принятия решения об идентификации, классификации отпечатков пальцев, автоматического обнаружения признаков и обеспечения эффективного поиска по АСИОП. Процесс сравнения отпечатков пальцев требует наличия изображений высокого качества. Мелкие детали как поры или едва заметные гребни могут сыграть важную роль в процессе сравнения. Для проведения сравнения в АСИОП, анализаторы будут обрабатывать цифровые изображения отсканированных отпечатков пальцев, но в определенных случаях также должны будут принимать и использовать напечатанные изображения отпечатков пальцев. Например, некоторые исполнители могут печатать карты с данными, полученными при помощи биометрических сканеров отпечатков пальцев, для их передачи в АСИОП. Данные печатные копии будут получены при помощи принтеров, содержащих оптимизированные для отпечатков пальцев алгоритмы печати. Основной функцией принтеров является создание печатных копий цифровых отпечатков пальцев натуральной величины, что обеспечивает достаточное качество печати для проведения процедуры сравнения отпечатков пальцев, то есть принятия решения об идентификации.

Требования к качеству изображения для биометрических сканеров отпечатков пальцев представлены в В.1.2 и В.1.3. Методика испытания на соответствие данным требованиям выходит за рамки настоящего приложения. Доступен пример спецификации испытания, которая позволяет проводить испытания на соответствие данным критериям качества изображения [8].

В.1.2 Биометрический сканер

Биометрический сканер должен регистрировать изображения с высокой точностью воспроизведения геометрических размеров, мелких деталей, хорошей резкостью, равномерным распределением уровней серого и иметь динамический диапазон с низкими шумовыми характеристиками. Изображения должны быть точными представлениями исходных отпечатков пальцев без каких-либо значительных артефактов, аномалий, ложных деталей или видимых последствий восстановления изображения. Выходная частота пространственной дискретизации биометрического сканера в направлении строк и столбцов датчика должна находиться в диапазоне от (R–0,01R) до (R+0,01R) и иметь 8-битовое квантование градаций серого (256 уровней серого).

Величина «R» должна составлять либо 500 пикселей/дюйм, либо 1000 пикселей/дюйм; в сертификате биометрического сканера может быть указано как одно, так и оба значения частоты пространственной дискретизации. Фактическое значение оптической частоты пространственной дискретизации биометрического сканера должно быть больше или равно величине «R».

Биометрический сканер, предназначенный для сканирования стандартных карт с отпечатками десяти пальцев размером 8,0×8,0 дюймов, размер рабочей поверхности должен быть не менее 5,0×8,0 дюймов, чтобы охватить все 14 зарегистрированных элементов, либо каждый зарегистрированный элемент в виде отдельного изображения, либо одновременно все зарегистрированные элементы в виде одного изображения. В таблице В.1 представлены рекомендуемые размеры регистрируемого изображения отпечатка пальца, применяемые как для систем сканирования карт, так и для систем сканирования контактным методом с тем лишь исключением, что при сканировании карт приоритет отдается размерам карты.

Таблица В.1 — Рекомендуемые размеры регистрируемого изображения отпечатка пальца

Изображение	Рекомендуемая ширина		Рекомендуемая высота	
	дюймы	мм	дюймы	мм
Отпечаток пальца, зарегистрированный методом прокатки	1,6*	40,6	1,5	38,1
Отпечаток большого пальца, зарегистрированный контактным методом	1,0	25,4	2,0	50,8

[1)] Термин «отпечаток пальца» может относиться в данном приложении и к отпечатку ладони, полному отпечатку ладони или отпечатку других частей человеческого тела.

Окончание таблицы В.1

Изображение	Рекомендуемая ширина		Рекомендуемая высота	
	дюймы	мм	дюймы	мм
Отпечаток четырех пальцев, зарегистрированный контактным методом (для проверки порядка следования)	3,2	81,3	2,0	50,8
Отпечаток четырех пальцев, зарегистрированный контактным методом (для идентификации по отпечаткам пальцев, зарегистрированных контактным методом)	3,2	81,3	3,0	76,2
Полная ладонь	5,5	139,7	8,0	203,2
Половина ладони	5,5	139,7	5,5	139,7
Ладонь «писателя»	1,75	44,5	5,0	127,0
* Сканер прямого сканирования должен быть способен зарегистрировать не менее 80 % полной длины прокатной дуги, определяемой как длина дуги от одного края ногтя до другого.				

В.1.2.1 Линейность

В.1.2.1.1 Требования

При измерении дискретных серий участков с равномерным коэффициентом отражения (например, ступенчатой монохромной шкалы), в значительной степени покрывающей диапазон серого биометрического сканера, среднее значение каждого участка должно находиться в пределах 7,65 уровней серого от линии регрессии, полученной методом наименьших квадратов и проходящей между значениями коэффициентов отражения участков (независимая переменная) и уровнями серого, полученными на выходе биометрического сканера (зависимая переменная).

В.1.2.1.2 Краткая информация

Предполагается, что все объекты, используемые при верификации соответствия спецификации качества изображения, регистрируются биометрическим сканером отпечатков пальцев, который работает в линейном режиме ввода/вывода. Линейность обеспечивает достоверные результаты при сравнении тестовых измерений с требованиями, например, пространственно-частотная характеристика системы в терминах модуляционной передаточной функции является, строго говоря, концептом линейных систем. Линейность также дает возможность сравнивать различные биометрические сканеры отпечатков пальцев посредством концепта «общего языка». В нестандартных случаях допускается присутствие незначительной сглаженной монотонной нелинейности у сканированных изображений объектов испытаний, например, когда обеспечение линейности на испытываемом биометрическом сканере является практически нецелесообразным и нетипичным с точки зрения эксплуатации (например, для некоторых биометрических сканеров отпечатков пальцев). Линейность не является обязательным требованием для рабочих или тестовых сканированных изображений отпечатков пальцев, что обеспечивает гибкость при обработке изображений в попытке избавиться от несовершенных цветовых характеристик образцов отпечатков пальцев.

В.1.2.2 Геометрическая точность

В.1.2.2.1 Требование к поперечному направлению

При сканировании штриховой миры с вертикально и горизонтально направленными линиями, абсолютное значение разницы между фактическим и измеренным на изображении расстоянием между параллельными линиями не должно превышать представленных ниже значений для не менее 99 % испытаний, проведенных в каждой области измерения зарегистрированного элемента и в каждом из двух ортогональных направлений.

для биометрического сканера с разрешающей способностью 500 пикселей/дюйм:

$D \le 0{,}0007$, для $0{,}00 < X < 0{,}07$,

$D \le 0{,}01X$, для $0{,}07 < X < 1{,}50$,

для биометрического сканера с разрешающей способностью 1000 пикселей/дюйм:

$D \le 0{,}0005$, для $0{,}00 < X < 0{,}07$,

$D \le 0{,}0071X$, для $0{,}07 < X < 1{,}5$,

где $D = |Y - X|$,

X = фактическое расстояние на мире,

Y = измеренное расстояние на изображении,

D, X, Y представлены в дюймах.

В.1.2.2.2 Требование (продольное направление)

При сканировании штриховой миры с вертикально и горизонтально направленными линиями, максимальное значение разницы (в горизонтальном или вертикальном направлении соответственно) между расположением любых двух точек в пределах 1,5 дюймового сегмента, представленного изображения линий не должно превышать 0,016 дюймов для не менее 99 % испытаний, проведенных в каждой области измерения зарегистрированного элемента и в каждом из двух ортогональных направлений.

В.1.2.2.3 Краткая информация

Штриховой мирой является решетка Ронки, которая состоит из линий одинаковой ширины и пространственного прямоугольного сигнала с частотой 1,0 пара линий/мм, с высокой контрастностью и резкими краями.

Данная решетка также применяется для проверки соблюдения требования к частоте пространственной дискретизации биометрического сканера, установленного в В.1.2. Геометрическая точность в поперечном направлении измеряется поперек изображаемых линий решетки Ронки, которые охватывают практически всю область регистрации изображения. Требование к частоте пространственной дискретизации в 500 пикселей/дюйм соответствует точности определения координат ± 1,0 % для расстояний от 0,07 до 1,5 дюймов и ± 0,0007 дюйма (1/3 пикселя) для расстояний меньше или равных 0,07 дюйма. Требование к частоте пространственной дискретизации в 1000 пикселей/дюйм соответствует точности определения координат ± 0,71 % для расстояний от 0,07 до 1,5 дюймов и значению ± 0,0005 дюйма (1/2 пикселя) для расстояний меньше или равных 0,07 дюйма.

Данная процедура измерения также применяется для проверки требования к частоте пространственной дискретизации, установленной в В.1.2.3. Геометрическая точность в продольном направлении изображения измеряется вдоль каждой линии решетки Ронки. Например, для представленной горизонтальной линии изображения, максимальное значение разницы между точками пересечения данной линии с вертикальной и горизонтальной осями, измеренной в нескольких точках сегмента линии длиной 1,5 дюйма, сравнивается с максимально допустимым значением разницы (аналогично для вертикальной линии). Данное требование необходимо для гарантии того, что подушкообразное или бочкообразное искажение в основной области исследования, то есть на отпечатке одного пальца, не слишком велико.

В.1.2.3 Пространственно-частотная характеристика (ПЧХ)

В.1.2.3.1 Требования

Измерение ПЧХ должно проводиться при помощи синусоидальной миры и называться измерением функции передачи модуляции (ФПМ), за исключением случая, когда биометрический сканер отпечатков пальцев не может получить приемлемую тональную характеристику данного образца; в этом случае для измерения ПЧХ необходимо использовать штриховую миру и называть это измерением частотно-контрастной характеристики (ЧКХ). При измерении синусоидальной ФПМ, ее значения должны быть больше или равны минимальным значениям контраста, установленным в таблице В.2 в направлении строк и столбцов датчика и в любой области поля обзора биометрического сканера. При измерении штриховой ЧКХ, ее значения должны быть больше или равны минимальным значениям контраста, определяемым уравнениями В.1 или В.2 в направлении строк и столбцов датчика и в любой области поля обзора биометрического сканера. Значения ЧКХ, вычисленные из уравнений В.1 и В.2 для стандартных частот испытаний, представлены в таблице В.3.

Таблица В.2 — Требования к ФПМ при использовании синусоидальной миры

Частота (пар линий/мм)	Минимальное значение контраста для биометрических сканеров отпечатков пальцев с разрешающей способностью 500 пикселей/дюйм	Минимальное значение контраста для биометрических сканеров отпечатков пальцев с разрешающей способностью 1000 пикселей/дюйм	Максимальное значение контраста
1	0,905	0,925	1,05 при всех частотах
2	0,797	0,856	
3	0,694	0,791	
4	0,598	0,732	
5	0,513	0,677	
6	0,437	0,626	
7	0,371	0,579	
8	0,312	0,536	
9	0,255	0,495	
10	0,200	0,458	
12		0,392	
14		0,336	
16		0,287	
18		0,246	
20		0,210	

Примечание — Испытание на частотах 7 и 9 пар линий/мм не является обязательным, если шаблоны данных частот отсутствуют в синусоидальной мире.

Таблица В.3 — Требования к ЧКХ при использовании штриховой миры (для стандартных частот испытаний)

Частота (пар линий/мм)	Минимальное значение контраста для биометрических сканеров отпечатков пальцев с разрешающей способностью 500 пикселей/дюйм	Минимальное значение контраста для биометрических сканеров отпечатков пальцев с разрешающей способностью 1000 пикселей/дюйм	Максимальное значение контраста
1,0	0,948	0,957	1,05 при всех частотах
2,0	0,869	0,904	
3,0	0,791	0,854	
4,0	0,713	0,805	
5,0	0,636	0,760	
6,0	0,559	0,716	
7,0	0,483	0,675	
8,0	0,408	0,636	
9,0	0,333	0,598	
10,0	0,259	0,563	
12,0		0,497	
14,0		0,437	
16,0		0,382	
18,0		0,332	
20,0		0,284	

Примечание — При использовании штриховой миры обязательным является испытание на частотах 7 и 9 пар линий/мм.

Ни одно из значений ФПМ или ЧКХ, вычисленное для всех указанных в спецификации пространственных частот, не должно превышать значение 1,05.

Полученное на выходе изображение синусоидальной или штриховой миры не должно иметь значительного эффекта наложения частот.

Штриховая мира может не содержать конкретных частот, список которых представлен в таблице В.3; однако, мира должна охватывать весь диапазон представленных в списке частот и содержать шаблоны линий, близкие к каждой из перечисленных частот. Следующие уравнения используются для получения спецификационных значений ЧКХ при использовании штриховой миры, содержащей частоты, которые не представлены в таблице В.3.

Биометрический сканер с разрешающей способностью 500 пикселей/дюйм, для f = от 1,0 до 10,0 пар линий/мм:

$$ЧКХ = 3{,}04105E\text{-}04 \times f^2 - 7{,}99095E\text{-}02 \times f + 1{,}02774 . \quad (В.1)$$

Биометрический сканер с разрешающей способностью 1000 пикселей/дюйм, для *f* = от 1,0 до 20,0 пар линий/мм:

$$ЧКХ = -1{,}85487E\text{-}05 \times f^3 + 1{,}41666E\text{-}03 \times f^2 - 5{,}73701E\text{-}02 \times f + 1{,}01341. \quad (В.2)$$

В.1.2.3.2 Краткая информация

Для оценки ФПМ в каждом отображаемом шаблоне гармонической частоты определяется единственная репрезентативная гармоническая модуляция при помощи значений контраста образца, полученного из данного шаблона. Значения контраста образца вычисляются по уровням максимума и минимума, соответствующих «гребню» и смежной «впадине» в каждом гармоническом периоде. Для синусоидального изображения данные уровни максимума и минимума представляют собой уровни серого изображения, которые были локально усреднены в направлении, перпендикулярном распространению гармонического колебания, а потом преобразованы посредством калибровочной кривой в пространство отражающей способности объекта. Значения контраста изображения в пространстве отражающей способности объекта, определяются следующим образом: контраст = (максимум – минимум) / (максимум + минимум).

Калибровочная кривая является кривой максимального соответствия уровней серого участков одинаковой оптической плотности на синусоидальной мире и соответствующих значений коэффициента отражения объекта. Предполагается, что значения контраста синусоидальной миры и значения участков одинаковой оптической плотности объекта предоставляются изготовителем объекта.

ФПМ биометрического сканера для каждой частоты определяется следующим образом:

ФПМ = контраст изображения/контраст объекта. Для оценки ЧКХ, значения контраста определяются непосредственно в пространстве изображения, нормализованном значением контраста на нулевой частоте, вместо применения калибровочной кривой. ЧКХ биометрического сканера для каждой частоты определяется следующим образом: ЧКХ = контраст изображения / контраст объекта на нулевой частоте.

Штриховая мира должна состоять как минимум из 10 параллельных пар линий для каждой частоты из области высоких пространственных частот (от 0,5 до 1 частоты Найквиста), что помогает обеспечить регистрацию при оптимальном фазировании сканера-объекта и способствует исследованию потенциального наложения частот. Штриховая мира также должна содержать низкочастотный компонент, то есть большой квадрат, линию или набор линий с эффективной частотой менее 2,5 % окончательной частоты пространственной дискретизации биометрического сканера. Данный низкочастотный компонент применяется для нормализации ЧКХ; он должен иметь ту же оптическую плотность, что и высокочастотные линии миры.

Верхний предел значения контраста 1,05 применяется для предотвращения обработки изображения, которая приводит к чрезмерному повышению резкости границ, что может добавить на изображение ложные детали. Эффект наложения частот на изображениях синусоидальной и штриховой миры может быть изучен посредством численного анализа и визуального осмотра цифрового изображения, выведенного на экран монитора.

B.1.2.4 Отношение сигнал-шум (ОСШ)

B.1.2.4.1 Требования

ОСШ белого образца и ОСШ черного образца должны быть больше или равны 125,0 минимум в 97,0 % соответствующих случаев в каждой области измерения зарегистрированного элемента.

B.1.2.4.2 Краткая информация

Сигналом называется разница между средними выходными уровнями серого, полученными при сканировании объектов с однородным низким и однородным высоким коэффициентом отражения, при измерении средних значений в независимых областях размером 0,25×0,25 дюйма в пределах каждой области измерения зарегистрированного элемента. Шумом называется стандартное отклонение уровней серого в каждой из этих независимых областей измерения.

Вследствие этого, у каждой пары изображений с высоким и низким коэффициентом отражения есть два значения ОСШ: одно на базе среднеквадратичного отклонения для высокого коэффициента отражения и второе на базе среднеквадратичного отклонения для низкого коэффициента отражения. Для получения истинного показателя среднеквадратического отклонения биометрический сканер настраивается таким образом, чтобы средний уровень серого белого образца был на несколько значений ниже самого высокого показателя уровня серого для данного биометрического сканера, а средний уровень серого черного образца был на несколько уровней выше самого низкого показателя уровня серого для данного биометрического сканера.

B.1.2.5 Однородность уровней серого

B.1.2.5.1 Требование к однородности смежных строк и столбцов

Не менее 99,0 % средних значений уровней серого двух смежных строк или столбцов длиной 0,25 дюйма в пределах каждой отображаемой области зарегистрированного элемента не должны отличаться более чем на 1,0 уровень серого при сканировании объекта с однородной низкой отражающей способностью и более чем на 2,0 уровня серого при сканировании объекта с однородной высокой отражающей способностью.

B.1.2.5.2 Требование к однородности среди пикселей

Уровень серого каждого отдельного пикселя для 99,9 % всех пикселей в каждой независимой области размером 0,25×0,25 дюйма, расположенной в пределах отображаемой области зарегистрированного элемента, не должен отличаться от среднего значения более чем на 22,0 уровня серого при сканировании объекта с однородной высокой отражающей способностью и более чем на 8,0 уровней серого при сканировании объекта с однородной низкой отражающей способностью.

B.1.2.5.3 Требование к однородности малой области

Средние значения уровней серого двух независимых областей размером 0,25×0,25 дюйма, расположенных в пределах отображаемой области зарегистрированного элемента, не должны отличаться более чем на 12,0 уровней серого при сканировании объекта с однородной высокой отражающей способностью и более чем на 3,0 уровня серого при сканировании объекта с однородной низкой отражающей способностью.

B.1.2.5.4 Краткая информация

Измерения проводятся на множестве независимых тестовых областей, основываясь на принципе последовательного прохождения каждого зарегистрированного элемента. (Вся область регистрации биометрического сканера, как правило, считается единственной областью зарегистрированного элемента).

Для получения истинного показателя среднеквадратичного отклонения биометрический сканер настраивается таким образом, чтобы средний уровень серого белого образца был на несколько значений ниже самого высокого показателя уровня серого для биометрического сканера, а средний уровень серого черного образца был на несколько значений выше самого низкого показателя уровня серого для биометрического сканера.

B.1.2.6 Качество изображения отпечатка пальца

Биометрический сканер должен обеспечивать высокое качество регистрируемых им изображений отпечатков пальцев; качество оценивается на основании следующих требований.

B.1.2.6.1 Требование к динамическому диапазону изображений отпечатков пальцев

Не менее 80,0 % зарегистрированных изображений отпечатков пальцев должны иметь динамический диапазон не менее 200 уровней серого. Не менее 99,0 % изображений должны иметь динамический диапазон не менее 128 уровней серого.

B.1.2.6.2 Краткая информация

Системы сканирования на пунктах регистрации изображений отпечатков пальцев позволяют регулировать динамический диапазон изображений, так как основываются на принципе последовательной регистрации объектов

или карт. Регулировать динамический диапазон изображений можно, например, правильным образом прокатывая покрытый красящим веществом палец или регулируя степень нажима на рабочую поверхность биометрического сканера.

В системах, обрабатывающих карты отпечатков пальцев различных типов и изображения различного качества, автоматическая адаптивная обработка является необходимой. 8-битовое квантование градаций серого для малоконтрастных изображений отпечатков пальцев необходимо для более оптимального представления пониженного динамического диапазона без значительного насыщения.

Под динамическим диапазоном понимается число уровней серого, содержащихся в сигнале; динамический диапазон измеряется в пределах области отпечатка пальца, исключая присутствующий на изображении белый фон, а также линии, рамки и текст формата карты. Соблюдение биометрическими сканерами данных требований к динамическому диапазону должно быть проверено при помощи статистически стратифицированного набора карт с изображениями отпечатков пальцев. Для испытания сканеров карт с механизмом автоматической подачи документов тестовый набор карт с изображениями отпечатков пальцев может включать в себя карты, параметры которых относятся к типу «сложных для обработки», например, содержащих царапины, отверстия, скобки, наклеенные фотографии или ламинацию. Для биометрических сканеров отпечатков пальцев соблюдение данных требований будет проверяться при помощи наборов изображений, изготовленных изготовителем оборудования.

B.1.2.6.3 Требование к артефактам и аномалиям изображений отпечатков пальцев

Артефакты и аномалии, обнаруженные на изображениях отпечатков пальцев, источником которых является биометрический сканер или процедура обработки изображения, не должны в значительной степени неблагоприятно повлиять на выполнение функций сравнения отпечатков пальцев и шаблонов для принятия решения об идентификации, классификации отпечатков пальцев, автоматического обнаружения признаков или обеспечения надежности поиска по всей системе автоматической идентификации по отпечаткам пальцев.

B.1.2.6.4 Краткая информация

Изображения отпечатков пальцев исследуются в целях обнаружения наличия артефактов или аномалий, источником которых является биометрический сканер или процедура обработки изображения; оценка может включать в себя измерения, нацеленные на определение численного выражения степени их критичности и значимости. Исследованию могут подвергаться артефакты или аномалии из следующего неполного списка:

- последствия шума, обусловленного вибрацией;
- резкие перепады среднего значения уровней серого между смежными зарегистрированными элементами;
- пробелы в гистограмме уровней серого, то есть наличие нулевых пикселей в средних областях уровней серого или их усечение до 256 уровней серого;
- стыковые соединения датчика изображений;
- шумовые полосы;
- проступание клея на карте;
- насыщенность уровней серого.

B.1.2.6.5 Требование к резкости и воспроизведение мелких деталей на изображениях отпечатков пальцев

Резкость и воспроизведение мелких деталей на изображениях отпечатков пальцев, полученных на выходе биометрического сканера или после процедуры обработки, должны иметь высокие показатели для того, чтобы обеспечить выполнение функций, установленных в параграфе 2 пункта B.1.1.

B.1.2.6.6 Краткая информация

Резкость и воспроизведение мелких деталей на изображениях отпечатков пальцев, полученных на выходе сканера или после процедуры обработки, могут быть исследованы при помощи подходящих объективных численных показателей качества изображения, а также посредством визуального осмотра цифрового изображения, выведенного на экран монитора.

B.1.3 Изображения отпечатков пальцев, зарегистрированных контактным методом

Стандартные наборы изображений отпечатков пальцев содержат как изображения отпечатков пальцев, зарегистрированных контактным методом, так и изображения, зарегистрированные методом прокатки. Изображения отпечатков пальцев, полученные методом прокатки, применяются при выполнении функций поиска и идентификации, а изображения отпечатков пальцев, зарегистрированных контактным методом, как правило, используются для последовательной верификации. Системы, разработанные для проверки сведений о субъекте по «изображениям отпечатков пальцев, зарегистрированных контактным методом», регистрируют единственный набор изображений отпечатков пальцев, зарегистрированных контактным методом. Данный набор изображений отпечатков пальцев, зарегистрированных контактным методом, должен применяться для последовательной верификации, поиска и идентификации.

Раньше качество изображений являлось настоящей проблемой при проверке данных субъекта. Некоторые программы требуют большого числа мест регистрации с маленьким объемом для хранения полученных изображений, что усложняет обучение.

Основной задачей биометрических сканеров, регистрирующих контактным методом изображения отпечатков пальцев, является уменьшение необходимости в обучении, чтобы неопытные пользователи могли всегда регистрировать качественные изображения отпечатков пальцев.

Биометрический сканер, регистрирующий контактным методом изображения отпечатков пальцев, должен соответствовать всем требованиям, установленным в B.1.2, наряду со следующими требованиями.

B.1.3.1 Требование к процедуре сбора биометрических данных

Система должна предусматривать простую процедуру сбора биометрических данных.

B.1.3.2 Краткая информация

Простая процедура сбора биометрических данных обеспечивает неопытному пользователю возможность регистрировать высококачественные изображения отпечатков пальцев. Системы, регистрирующие контактным методом изображения отпечатков пальцев, оцениваются по их способности выдавать очень низкую вероятность отказа при регистрации в рабочих условиях. Системы с минимальной областью регистрации 3,2 дюйма (в ширину) на 3,0 дюйма (в высоту), которые способны зарегистрировать одновременно четыре пальца в вертикальном положении, будут считаться соответствующими требованию простой процедуры сбора биометрических данных. Иные подходы к сбору биометрических данных будут требовать проведения особых испытаний и составления специальной документации.

B.1.3.3 Требование к верифицируемым данным о последовательности пальцев

Используемый метод регистрации изображений отпечатков пальцев должен приводить к очень низкой вероятности ошибки при определении порядкового номера пальца.

B.1.3.4 Краткая информация

Процедура сбора биометрических данных для систем, работающих с изображениями отпечатков пальцев, будет оцениваться по ее способности зарегистрировать верифицируемые данные о последовательности пальцев. Системы с минимальной областью регистрации 3,2 дюйма (в ширину) на 3,0 дюйма (в высоту), которые способны зарегистрировать одновременно четыре пальца в вертикальном положении, будут считаться соответствующими требованиям о последовательности пальцев. Иные подходы к сбору биометрических данных будут требовать проведения особых испытаний и составления специальной документации.

B.2 Спецификация качества изображения для верификации личности

B.2.1 Общие положения

Данные спецификации применимы к устройствам регистрации изображений отпечатков пальцев, которые сканируют и регистрируют, по крайней мере, один отпечаток пальца в цифровом виде. Данные спецификации предоставляют критерии для обеспечения того, чтобы качество изображений, создаваемых подобными устройствами, было достаточно высоким для предполагаемой области применения; основной областью применения является аутентификация посредством сравнения изображений отпечатков пальцев один-к-одному. Биометрический сканер должен регистрировать изображения с высокой точностью воспроизведения геометрических размеров, мелких деталей, хорошей резкостью, равномерным распределением уровней серого и иметь динамический диапазон с низкими шумовыми характеристиками. Изображения должны быть точными представлениями исходных отпечатков пальцев без каких-либо значительных артефактов, аномалий, ложных деталей или видимых последствий восстановления изображения. Ожидается, что биометрический сканер сможет создавать изображения отпечатков пальцев хорошего качества для очень большого процента пользователей, несмотря на полный диапазон возможных изменений внешних условий, характерных для предполагаемой области применения.

B.2.2 Требования

Методика испытаний на соответствие данным требованиям выходят за рамки настоящего приложения. Доступен пример спецификации испытания, которая позволяет проводить испытания на соответствие данной спецификации качества изображения [8].

Проверка соответствия биометрического сканера требованиям должна в первую очередь проводиться с использованием метода испытания, то есть проверки посредством последовательного выполнения данного пункта с достаточным набором инструментария для демонстрации соответствия заданным численным критериям. Биометрический сканер должен подвергаться испытанию на соответствие требованиям в стандартном рабочем режиме со следующими возможными исключениями:

1) если биометрический сканер имеет функцию защиты от подмены такого типа, что допускается регистрация изображений только непосредственно с пальца, то данная функция должна быть отключена или пропущена при работе в режиме испытания объекта;

2) если при стандартном функционировании биометрического сканера выходные данные не являются монохромным изображением в градациях серого, например, черно-белое изображение, набор контрольных точек, цветное изображение и т. д., то в тестовом режиме биометрический сканер необходимо настроить таким образом, чтобы на выходе получать монохромное изображение в градациях серого;

3) иные функции стандартного рабочего режима биометрического сканера, которые похожи/сопоставимы/аналогичны тем, что представлены в пунктах (1) и (2), должны быть отключены.

В таблице B.4 представлены некоторые основные требования к биометрическим сканерам, регистрирующим изображения отдельных отпечатков пальцев.

Таблица В.4 — Основные требования

Параметр	Требование
Размер регистрируемой области	≥ 12,8 мм в ширину и ≥ 16,5 мм в высоту
Действительная оптическая или собственная частота пространственной дискретизации (частота Найквиста)	≥ 500 пикселей/дюйм в направлении строк и столбцов датчика
Отклонение частоты пространственной дискретизации	От 490 пикселей/дюйм до 510 пикселей/дюйм в направлении строк и столбцов датчика
Тип изображения	Способность получать на выходе биометрического сканера монохромное изображение с 8 битами на пиксель, 256 уровнями серого (до любого процесса сжатия изображения)

мм — миллиметры;

пикселей/дюйм — пикселей на дюйм;

≥ — больше или равно.

В.2.2.1 Геометрическая точность

В.2.2.1.1 Требование к поперечному направлению

Штриховая мира с пространственной частотой 1,0 пара линий/мм регистрируется как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении линий. Абсолютное значение разницы между фактическим и измеренным на изображении расстоянием между параллельными линиями объекта не должно превышать представленных ниже значений для не менее 99 % испытаний, проведенных в каждом из двух ортогональных направлений.

$D \le 0{,}0013$, для $0{,}00 < X \le 0{,}07$,

$D \le 0{,}018X$, для $0{,}07 \le X \le 1{,}50$,

где $D = |Y - X|$,

X — действительное расстояние на мире;

Y — измеренное расстояние на изображении;

D, X, Y представлены в дюймах.

В.2.2.1.2 Требование к продольному направлению

Штриховая мира с пространственной частотой 1,0 пара линий/мм регистрируется как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении линий. Максимальное значение разницы в горизонтальном направлении (для вертикальных линий) и в вертикальном направлении (для горизонтальных линий) между расположением любых двух точек вдоль одной линии на расстоянии до 1,5 дюймов не должно превышать 0,027 дюйма для не менее 99 % испытаний, проведенных в указанном направлении.

Требования к поперечному и продольному направлениям могут быть проверены посредством метода контроля вместо метода испытания в том случае, если биометрический сканер обладает всеми представленными ниже характеристиками, сопровождающимися соответствующей документацией:

- создание подходящей решетки Ронки с пространственной частотой 1,0 пара линий/мм, посредством которой биометрический сканер будет создавать изображения для измерений, требует чрезвычайных усилий и ресурсов;
- датчик представляет собой двумерную матрицу (поверхностную решетку) на плоской (не искривленной) поверхности;
- элементы биометрического сканера и пальцы находятся в неподвижном состоянии в процессе регистрации отпечатка;
- между пальцем и датчиком не расположено никаких аппаратных элементов биометрического сканера (например, линз или призм) за исключением мембраны на поверхности датчика, которая, при ее наличии, не изменяет геометрию изображаемого пальца;
- никакой тип обработки сигнала, примененный к зарегистрированному изображению отпечатка пальца, не изменяет геометрию изображения отпечатка пальца.

В.2.2.1.3 Краткая информация

Штриховой мирой является решетка Ронки, которая состоит из линий одинаковой ширины и пространственного прямоугольного сигнала частотой 1,0 пара линий/мм, с высокой контрастностью и резкими краями.

Геометрическая точность в поперечном направлении измеряется в поперечном направлении изображаемых линий решетки Ронки, которые охватывают практически всю область регистрации изображения. Данное требование соответствует точности определения координат ± 1,8 % для расстояний от 0,07 до 1,5 дюймов и ± 0,0013 дюйма (2/3 пикселя) для расстояний меньше или равных 0,07 дюйма. Эти измерения также применяются для проверки требования к допустимому отклонению частоты пространственной дискретизации биометрического сканера, представленному в таблице В.4.

Геометрическая точность в продольном направлении изображения измеряется вдоль каждой линии решетки Ронки. Например, для представленной горизонтальной линии изображения, максимальное значение разницы между точками пересечения данной линии с вертикальной и горизонтальной осями, измеренной в нескольких точках вдоль линии, сравнивается с максимально допустимым значением разницы (аналогично для вертикальной линии). Данное требование необходимо для гарантии того, что подушкообразное, бочкообразное или искажение другого вида в основной области исследования, то есть на одном отпечатке одного пальца, не слишком велико.

B.2.2.2 Пространственно-частотная характеристика (ПЧХ)

B.2.2.2.1 Требования

Измерение ПЧХ должно проводиться как с использованием битональной высококонтрастной штриховой миры, которая дает в результате ЧКХ биометрического сканера, так и с использованием синусоидальной миры, которая позволяет получить ФПМ биометрического сканера. Если биометрический сканер не способен использовать ни штриховую, ни синусоидальную миру, например, ни одна из данных мир не позволяет получить пригодное/измеримое изображение, то для измерения ФПМ может быть использован контурный объект.[1)]

Значения ФПМ и ЧКХ должны быть больше или равны минимальным значениям контраста, которые определяются уравнением B.3 (для ЧКХ) или уравнением B.4 (для ФПМ) для диапазона частот от 1,0 до 10,0 пар линий/мм в направлении строк и столбцов датчика и в любой части общей области регистрации. Ни одно из значений ФПМ или ЧКХ, вычисленное для диапазона частот от 1,0 до 10,0 пар линий/мм, не должно превышать значение 1,12, а полученное на выходе изображение не должно иметь значительного эффекта наложения частот.

$$ЧКХ = -5{,}71711E\text{-}05 \times f^4 + 1{,}43781E\text{-}03 \times f^3 - 8{,}94631E\text{-}03 \times f^2 - 8{,}05399E\text{-}02 \times f + 1{,}00838; \quad (B.3)$$

$$ФПМ = -2{,}80874E\text{-}04 \times f^3 + 1{,}06255E\text{-}02 \times f^2 - 1{,}67473E\text{-}01 \times f + 1{,}02829. \quad (B.4)$$

Примечание — Уравнения действительны для f = от 1,0 до 10,0 пар линий/мм.

Таблица B.5 — Требования к ЧКХ и ФПМ на стандартных частотах испытания

Частота (f), пар линий/мм, на плоскости объекта	Минимальное значение контраста ЧКХ при использовании штриховой миры	Минимальное значение контраста ФПМ при использовании синусоидальной миры или контурного объекта
1,0	0,920	0,871
2,0	0,822	0,734
3,0	0,720	0,614
4,0	0,620	0,510
5,0	0,526	0,421
6,0	0,440	0,345
7,0	0,362	0,280
8,0	0,293	0,225
9,0	0,232	0,177
10,0	0,174	0,135

B.2.2.2.2 Краткая информация

Верхний предел значения контраста 1,12 используется для предотвращения обработки изображения, которая приводит к чрезмерному повышению резкости границ, что может добавить на изображение ложные детали.

Наложение частот может быть изучено посредством численного анализа (например, анализ Фурье) и, для синусоидальных или штриховых изображений, визуального осмотра цифрового изображения, выведенного на экран монитора. Принято считать и признавать, что наложение частот, возникающие вследствие прореживания, часто неизбежно на высоких частотах, но наложение частот, возникающее вследствие повышения частоты дискретизации, недопустимо ни на каких частотах в пределах частоты Найквиста. Мира может быть изготовлена из любого материала и на любой основе, пригодной для проведения измерения на данном биометрическом сканере, работающем в режиме отражения, пропускания или любом другом режиме передачи сигнала как в двух, так и в трех измерениях.

Если связь между выходными уровнями серого и входными уровнями сигнала является нелинейной, то есть характеристика входа/выхода биометрического сканера является нелинейной, это должно быть соответствующим образом учтено при вычислении ФПМ или ЧКХ. [ФПМ и ЧКХ строго определены только для линейной или линеаризованной системы].

[1)] Если достоверно обнаружено, что ни синусоидальная, ни штриховая мира, ни контурный объект не могут быть использованы для конкретного биометрического сканера, допускается использование других методов измерения ПЧХ.

Не требуется, чтобы ЧКХ или ФПМ были получены на конкретных частотах, список которых представлен в таблице В.5; однако, ЧКХ или ФПМ должны охватывать весь диапазон представленных в списке частот и содержать частоты, значения которых приближены к каждой из перечисленных частот.

Синусоидальная мира — серийно производимые синусоидальные миры, как правило, содержат калибровочную ступенчатую монохромную шкалу для измерения характеристики входа/выхода биометрического сканера, а также синусоидальные значения контраста образца, применяемые для нормализации значений контраста на выходе сканера для получения ФПМ.

Штриховая мира должна содержать достаточное число параллельных пар линий для каждой пространственной частоты, что помогает обеспечить регистрацию при оптимальном фазировании сканера-объекта и способствует проведению исследования потенциального наложения частот. Штриховая мира также должна содержать низкочастотный компонент (менее 0,3 пар линий/мм), как, например, одна широкая линия, обладающая такой же оптической плотностью, что и другие линии (используемая для нормализации).

Если биометрический сканер имеет нелинейную характеристику, то для достижения эффективных значений контраста штрихового изображения необходимо использовать процедуру, аналогичную применяемой для синусоидальной обработки.

ПЧХ самой штриховой миры может быть неизвестна. В таком случае значения контраста линий на выходе биометрического сканера (в области изображения или, если характеристика нелинейная, в области объекта) нормализуются значениями контраста выходных линий с практически нулевой частотой, что приводит к приемлемому показателю ЧКХ биометрического сканера.

Контурный объект — вычисление ФПМ изображенного контурного объекта осуществляется согласно соответствующему стандарту ИСО [11]. Контур объекта располагается под углом 5,2° поочередно в направлении строк и столбцов датчика. Если биометрический сканер имеет нелинейную характеристику, то нелинейность должна быть измерена и учтена при вычислениях. Вычисленные выходные значения контраста нормализуются до значения 1,0 на нулевой частоте (посредством деления на площадь функции размывания линии), что приводит к приемлемому показателю ФПМ биометрического сканера. Если ПЧХ контура объекта известна, то дальнейшее деление на данную функцию осуществляется для получения более точных показателей ФПМ биометрического сканера.

Контурный объект должен содержать как минимум две координатные метки, при помощи которых можно вычислить масштаб изображения в направлении поперечном контуру в пикселях на дюйм.

В.2.2.3 Однородность уровней серого

В.2.2.3.1 Требование к однородности смежных строк и столбцов

Не менее 99,0 % средних уровней серого двух смежных строк или столбцов длиной 0,25 дюйма в пределах каждой области регистрации не должны отличаться более чем на 1,5 уровня серого при сканировании равномерно темного-серого объекта и более чем на 3,0 уровня серого при сканировании равномерно светлого-серого объекта.

В.2.2.3.2 Требование к однородности между пикселями

Уровень серого каждого отдельного пикселя для не менее 99,0 % всех пикселей в каждой независимой области размером 0,25×0,25 дюйма, расположенной в пределах области регистрации, не должен отличаться от среднего значения более чем на 8,0 уровней серого при сканировании равномерно темно-серого объекта и более чем на 22,0 уровня серого при сканировании равномерно светло-серого объекта.

В.2.2.3.3 Требование к однородности малой области

Средние уровни серого двух независимых областей размером 0,25×0,25 дюйма, расположенных в пределах области регистрации, не должны отличаться более чем на 3,0 уровня серого при сканировании равномерно темно-серого объекта и более чем на 12,0 уровней серого при сканировании равномерно светло-серого объекта.

В.2.2.3.4 Требование к уровню шума

Значение уровня шума, измеряемое как стандартное отклонение уровней серого, должно быть менее 3,5 в каждой независимой области размером 0,25×0,25 дюйма, расположенной в пределах области регистрации, при сканировании однородно темно-серого и однородно светло-серого объектов.

В.2.2.3.5 Краткая информация

Любой подходящий однородно темно-серый и однородно светло-серый объект, включая псевдо-объекты, может быть использован для оценки требований, указанных в В.2.2.3.1—В.2.2.3.4. [Идея псевдо-объектов заключается в получении изображения пустой области регистрации посредством, например, увеличения или уменьшения выдержки, получая, соответственно, однородно светло-серое или темно-серое изображение]. Каждый объект должен охватывать всю область регистрации.

Биометрический сканер настраивается таким образом, чтобы средний уровень серого светлого образца был на четыре уровня ниже самого высокого показателя уровня серого, получаемого при регистрации изображения отпечатка пальца биометрическим сканером, а средний уровень серого темного образца должен быть на четыре уровня выше самого низкого показателя уровня серого, получаемого при регистрации изображения отпечатка пальца биометрическим сканером. Данная настройка помогает избежать вероятных уровней насыщения и уровней, выходящих за пределы диапазона, получаемого при регистрации реальных отпечатков пальцев.

В.2.2.4 Качество изображения отпечатка пальца

Биометрический сканер должен обеспечивать достаточно высокое для предполагаемых областей применения качество изображения отпечатков пальцев. Основной областью применения является аутентификация посредством сравнения изображений отпечатков пальцев один к одному.

Качество изображения будет оцениваться с учетом представленных ниже требований посредством проведения визуальных и численных измерений исследуемых изображений, зарегистрированных контактным методом. Данные исследуемые изображения, зарегистрированных контактным методом, должны содержать:

- набор из 20 отпечатков пальцев, условно полученных от 10 разных субъектов, по два отпечатка от субъекта (предпочтительно отпечаток указательного пальца левой и правой руки) и,
- набор из пяти повторно зарегистрированных изображений отпечатков указательного пальца одной руки одного и того же субъекта.

Все исследуемые изображения должны быть предоставлены для анализа в виде монохромных изображений с 8-битной шкалой серого на пиксель в несжатом формате (использование несжатого формата с потерями не допускается).

B.2.2.4.1 Требование к динамическому диапазону изображений отпечатков пальцев

Не менее 80,0 % зарегистрированных изображений отпечатков пальцев должны иметь динамический диапазон не менее 150 уровней серого.

B.2.2.4.2 Краткая информация

Под динамическим диапазоном понимается число уровней серого, содержащихся в сигнале; динамический диапазон измеряется в пределах области отпечатка пальца, исключая неоднородные фоновые области.

B.2.2.4.3 Требование к артефактам и аномалиям изображений отпечатков пальцев

Артефакты и аномалии, обнаруженные на изображениях отпечатка пальца, источником которых является биометрический сканер или процедура обработки изображения, не должны в значительной степени неблагоприятно повлиять на выполнение предполагаемых функций.

B.2.2.4.4 Краткая информация

Изображения отпечатков пальцев исследуются в целях обнаружения наличия артефактов или аномалий, источником которых является биометрический сканер или процедура обработки изображения; оценка может включать в себя измерения, нацеленные на определение численного выражения степени их критичности и значимости. Артефакты или аномалии из следующего неполного списка могут подвергаться исследованию:

- последствия шума, обусловленного вибрацией;
- резкие перепады среднего значения уровней серого между смежными зарегистрированными элементами;
- пробелы в гистограмме уровней серого, то есть наличие нулевых пиксели в средних областях уровней серого или их усечение до 256 уровней серого;
- стыковые соединения датчика изображения;
- шумовые полосы;
- проступание клея на карте;
- насыщенность уровней серого.

B.2.2.4.5 Требование к резкости и воспроизведению мелких деталей на изображениях отпечатков пальцев

Резкость и воспроизведение мелких деталей на изображениях отпечатка пальца, источником которых является биометрический сканер или процедура обработки изображения, должны быть достаточно высокими для обеспечения выполнения предполагаемых функций.

B.2.2.4.6 Краткая информация

Резкость и воспроизведение мелких деталей на изображениях отпечатков пальцев, полученных на выходе биометрического сканера или после процедуры обработки, могут быть исследованы при помощи подходящих объективных численных показателей качества изображения, а также посредством визуального осмотра цифрового изображения, выведенного на экран монитора.

B.3 Требования и методика испытания биометрических сканеров отпечатков пальцев

B.3.1 Общие положения

Данное приложение устанавливает требования и методику испытания биометрических сканеров отпечатков пальцев.

B.3.2 Предварительные требования к испытаниям

B.3.2.1 Требования к испытательной лаборатории

Все измерения должны проводиться в полностью затемненной оптической лаборатории, не имеющей воздействия внешних источников света. Нечувствительность биометрического сканера к постороннему свету не является предметом проводимых испытаний. Для проведения некоторых измерений необходимо пропускать свет, который излучается биометрическим сканером отпечатков пальцев, через призмы; эти сильно повышает чувствительность биометрического сканера по отношению к ложному свету. Исключением здесь является регистрация отпечатков пальцев для испытания динамического диапазона. Для проведения данного испытания должно быть включено нормальное освещение помещения для обеспечения обычных условий окружающей среды, схожих со стандартными условиями эксплуатации биометрического сканера. При проведении измерений необходимо убедиться в том, что рабочая поверхность биометрического сканера очищена. При проведении испытаний биометрических сканеров отпечатков пальцев испытательная лаборатория использует следующие измерительные приборы:

- специальное программное обеспечение для оценки данных (B.3.2.3);
- программное обеспечение для табличных расчетов;
- подходящие объекты испытаний (B.3.2.4).

Персонал испытательной лаборатории должен обладать фундаментальными знаниями в области испытаний оптических систем/инструментов, особенно в области испытания биометрических сканеров отпечатков пальцев.

В.3.2.2 Требования к объекту испытания

Для испытания биометрического сканера изготовитель должен указать точный принцип устройства и работы биометрического сканера, включая необходимые чертежи (иллюстрации, таблицы). Размер области регистрации изображения должен составлять не менее 16×20 мм.

Испытуемый биометрический сканер должен быть полностью работоспособен. Адаптивные или динамические настройки, алгоритмы калибровки или механизмы обнаружения подмены, внедренные в биометрический сканер или программное обеспечение для биометрического сканера (на ПК), которые могут включать в себя фильтры, функции компенсации, оптимизации, динамическую регулировку контраста, должны быть отключены во время испытания. Для этого изготовитель должен предоставить адаптированное программное обеспечение для биометрического сканера, в котором подобные элементы/алгоритмы были бы деактивированы. Программное обеспечение должно функционировать при неизменных настройках параметров во время испытания. Динамические алгоритмы допустимы лишь для испытания динамического диапазона изображений отпечатков пальцев, осуществляемого в пользовательских приложениях.

В.3.2.3 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение для оценки данных цифрового изображения отпечатка пальца должно вычислять качество изображения на основе двумерного спектра мощности пространственных частот цифрового изображения отпечатка пальца. Спектр мощности, который является квадратом модуля преобразования Фурье изображения, содержит информацию о резкости, контрасте и воспроизведении мелких деталей изображения. Данные параметры являются компонентами визуального качества изображения. В программном обеспечении проводится нормировка спектра мощности на контраст, усредненный уровень серого и размер изображения; применяется визуальный фильтр передаточной функции, и учитывается величина частоты пространственной дискретизации изображения отпечатка пальца в пикселей/дюйм. Основным выходным значением является численное значение качества изображения, которое представляет собой сумму фильтрованных, масштабированных, взвешенных значений спектра мощности. Нормализация спектра мощности позволяет проводить достоверные сопоставления в корне различных изображений отпечатков пальцев. Программное обеспечение должно функционировать согласно представленному ниже описанию:

- в качестве входных данных для программного обеспечения должны выступать цифровые изображения отпечатков пальцев;
- программное обеспечение должно устанавливать ширину прямоугольного окна порядка 60 % ширины изображения отпечатка пальца;
- программное обеспечение должно находить правый/левый и нижний/верхний края отпечатка пальца;
- программное обеспечение должно установить набор перекрывающихся окон, охватывающих всю область отпечатка пальца;
- программное обеспечение должно исключать из дальнейшей оценки области отпечатка пальца с высокой и низкой плотностью;
- программное обеспечение должно вычислять двумерный спектр мощности каждого окна и $|БПФ|^2$ [1)];
- программное обеспечение должно иметь нормализацию по полной энергии и размеру окна;
- программное обеспечение должно включать в себя фильтр системы визуальной оценки человека (включение подобного фильтра позволяет итоговым значениям качества наиболее точно соответствовать экспертным оценкам относительного качества);
- программное обеспечение должно использовать исходное значение качества изображения каждого отдельного окна, то есть двумерно-нормализованные, отфильтрованные значения спектра мощности на ненулевых частотах суммируются, результатом чего является значение качества представленной части изображения, выраженное одним числом;
- программное обеспечение должно определять окно с наивысшим значением качества изображения.
- программное обеспечение должно переводить значение качества изображения в нормализованный вид, то есть должно привести значение качества изображения отпечатка к целому числу в диапазоне от 0 до 100, где 0 соответствует наихудшему, а 100 — наилучшему качеству изображения;
- на темных областях изображений отпечатков пальцев качество изображения имеет завышенное значение, а на светлых областях — заниженное. Данный эффект должен быть компенсирован посредством умножения значения качества изображения на квадрат значения средних уровней серого;
- программное обеспечение должно осуществлять проверку на наличие особых ситуаций (слишком высококонтрастное или слишком структурированное изображение) и соответствующим образом регулировать качество изображения;
- программное обеспечение должно масштабировать изображение в соответствии с числом точек на дюйм и нормализовать качество изображения так, чтобы его значение находилось в диапазоне от 0 до 100.

В.3.2.4 Требования к мирам

В.3.2.4.1 Миры для биометрического сканера, работающего по принципу нарушенного полного внутреннего отражения в светлом поле.

[1)] БПФ — быстрое преобразование Фурье (fast Fourier transform (FFT)).

При проведении испытаний должны использоваться миры, которые тесно связаны с принципом работы биометрического сканера.

В ходе испытаний с использованием данных мир, на пути оптического луча биометрического сканера не должны присутствовать никакие помехи.

Мира должна быть размещена непосредственно на рабочей поверхности биометрического сканера. Миры должны быть выполнены в виде отражающих, структурированных или неструктурированных зеркал. Свет, исходящий от оптической рабочей поверхности биометрического сканера будет отражаться не только от передней, но и от задней поверхности миры. Чтобы не допускать паразитные отражения, сверху на миру необходимо поместить отводящую свет призму.

В связи с этим, между сканером и мирой, а также между мирой и призмой должна располагаться иммерсионная жидкость; показатель преломления данной жидкости должен быть приближен к показателям преломления оптических элементов (оптической рабочей поверхности сканера, миры, призмы). Данный слой жидкости не должен содержать ни пыль, ни воздушные пузыри. Рекомендуется использовать иммерсионную жидкость с показателем отражения n~1,5.

В.3.2.4.2 Миры для биометрического сканера, работающего по принципу нарушенного полного внутреннего отражения в темном поле.

При проведении испытаний должны использоваться миры, которые тесно связаны с принципом работы биометрического сканера. В ходе испытаний с использованием данных мир, на пути оптического луча сканера не должны присутствовать никакие помехи. Мира должна быть размещена непосредственно на рабочей поверхности биометрического сканера. Для оптической связи, между биометрическим сканером и мирой, должна располагаться иммерсионная жидкость; показатель преломления данной жидкости должен быть идентичен показателю преломления рабочей поверхности биометрического сканера. Данный слой жидкости не должен содержать ни пыль, ни воздушные пузыри. Рекомендуется использовать иммерсионную жидкость с показателем отражения n~1,5. Миры должны быть выполнены в виде диффузно-отражающих областей. На данных подложках подходящими способами воздействия можно получить определенные уровни серого. Материал миры должен быть водоотталкивающим. Если мира ламинируется с целью защиты от жидкости, то необходимо следить за тем, чтобы ламинация не изменяла ее оптические параметры.

В.3.3 Требования и методика испытания

В.3.3.1 Исследование линейности шкалы градаций серого

В.3.3.1.1 Требования

При измерении дискретных серий участков с равномерным коэффициентом отражения (например, ступенчатой монохромной шкалы), в значительной степени покрывающей динамический диапазон биометрического сканера, среднее значение каждого участка должно находиться в пределах 7,65 уровней серого от линии регрессии, полученной методом наименьших квадратов и проходящей между значениями коэффициентов отражения участков (независимая переменная) и уровнями серого, полученными на выходе биометрического сканера (зависимая переменная).

В.3.3.1.2 Краткая информация

Предполагается, что все объекты, используемые в соответствии с данным сценарием испытания, регистрируются биометрическим сканером, работающим в линейном режиме ввода/вывода. Линейность обеспечивает достоверные результаты при сравнении тестовых измерений с требованиями. Линейность позволяет получить исходное изображение сканированного отпечатка пальца для общей справочной базы. Пользователи могут применять к изображения из данной базы линейную/нелинейную обработку, в зависимости от поставленной задачи и в дальнейшем вернуться к исходному изображению. Тем не менеее, для сканированных изображений мир отклонение от линейности обычно допускается, то есть может быть разрешено незначительное присутствие сглаженной монотонной нелинейности, когда обеспечение линейности на испытываемом биометрическом сканере отпечатков пальцев является практически нецелесообразным и нетипичным с точки зрения эксплуатации.

В подобных случаях требуется предоставление документации наряду с запросом на отклонение от требований. Следует признать, что отпечаток пальца на биометрическом сканере может иметь неидеальные характеристики относительно средней величины отражающей способности, неоднородности средней величины отражающей способности, низкого уровня контраста или фоновых помех. Подобные проблемы могут быть частично сведены к минимуму при помощи нелинейной обработки уровней серого изображения, зарегистрированного биометрическим сканером. Вследствие этого линейность не является обязательным требованием при рабочем или тестовом сканировании изображений отпечатков пальцев.

В.3.3.1.3 Используемые миры

В.3.3.1.3.1 Миры для биометрического сканера, работающего по принципу нарушенного полного внутреннего отражения в светлом поле.

Для проведения данного испытания могут быть использованы миры с металлическим покрытием; данные миры могут иметь различные коэффициенты отражения. В качестве металла может использоваться хром или алюминий; хром может легко наноситься с разной плотностью, но позволяет получать максимальный коэффициент отражения порядка 50 %. Максимальный коэффициент отражения алюминия составляет около 85 % — 92 %, но его сложно наносить с разной плотностью. Так как коэффициенты отражения поверхностей мир не могут быть предсказаны, коэффициенты отражения всех мир должны быть точно измерены.

B.3.3.1.3.2 Миры для биометрического сканера, работающего по принципу нарушенного полного внутреннего отражения в темном поле.

Для проведения данного испытания используются миры, имеющие диффузно отражающую поверхность с различными затемненными элементами. Подобные миры используются в промышленных масштабах при испытании ФПМ биометрических сканеров отпечатков пальцев планшетного типа.

В зависимости от размера рабочей поверхности, мира разрезается на части, содержащие две или более области испытания. Таким образом, на рабочую поверхность может быть помещено одновременно несколько областей испытания.

B.3.3.1.4 Процедура испытания

B.3.3.1.4.1 Первый этап испытания

Набор областей с различными значениями коэффициента отражения должны быть поочередно размещены на биометрическом сканере и зарегистрированы в виде изображений. Должно быть зарегистрировано не менее девяти объектов с различными значениями коэффициента отражения, охватывающими практически весь динамический диапазон биометрического сканера.

B.3.3.1.4.2 Второй этап испытания

Среднее значение серого каждого изображения объекта должно быть определено при помощи специального программного обеспечения. Коэффициент отражения и полученное значение серого каждого объекта должно устанавливаться в виде пары значений.

B.3.3.1.4.3 Третий этап испытания

К данным парам значений необходимо применить линейную регрессию. Для каждого среднего значения серого необходимо определить отклонение от итоговой линии регрессии.

B.3.3.1.5 Соответствие требованию

Ни одно из вычисленных на третьем этапе испытания значений отклонения серого не должно превышать 7,65.

B.3.3.2 Анализ частоты пространственной дискретизации и геометрическая точность

B.3.3.2.1 Требования

Частота пространственной дискретизации: итоговое изображение отпечатка пальца на выходе биометрического сканера должно иметь частоту пространственной дискретизации в направлении строк и столбцов датчика в диапазоне от (R – 0,01R) до (R + 0,01R). Величина «R» должна составлять либо 500, либо 1000 пикселей/дюйм; в сертификате биометрического сканера может быть указано как одно, так и оба значения частоты пространственной дискретизации. Фактическое значение частоты пространственной дискретизации биометрического сканера должно быть больше или равно величине «R».

Геометрическая точность в поперечном направлении: при сканировании штриховой миры с частотой 0,1 пар линий/мм в вертикальном и горизонтальном направлении линий, абсолютное значение разницы (D) между фактическим (X) и измеренным на изображении (Y) расстоянием между параллельными линиями объекта не должно превышать представленных ниже значений для не менее 99 % испытаний, проведенных в каждой области измерения зарегистрированного элемента и в каждом из двух направлений.

Для биометрических сканеров отпечатков пальцев с разрешающей способностью 500 пикселей/дюйм:

$D \le 0{,}0007$, для $0{,}00 < X \le 0{,}07$,

$D \le 0{,}01X$, для $0{,}07 \le X \le 1{,}50$.

Для биометрических сканеров отпечатков пальцев с разрешающей способностью 1000 пикселей/дюйм:

$D \le 0{,}0005$, для $0{,}00 < X \le 0{,}07$,

$D \le 0{,}0071X$, для $0{,}07 \le X \le 1{,}50$,

где $D = |Y - X|$,

X — фактическое расстояние на мире,

Y — измеренное расстояние на изображении,

D, X, Y представлены в дюймах.

Геометрическая точность в продольном направлении: при сканировании штриховой миры с частотой 0,1 пар линий/мм в вертикальном и горизонтальном направлении линий, максимальное значение разницы (в горизонтальном или вертикальном направлении соответственно) между расположением любых двух точек в пределах 1,5 дюймового сегмента, представленного периодического изображения, не должно превышать 0,016 дюймов для не менее 99 % испытаний, проведенных в каждой области измерения зарегистрированного элемента и в каждом из двух ортогональных направлений.

B.3.3.2.2 Краткая информация

Штриховой мирой является решетка Ронки, которая состоит из линий одинаковой ширины и пространственного прямоугольного сигнала с высокой контрастностью и резкими краями. Для систем с разрешающей способностью 500 пикселей/дюйм, значение частоты пространственной дискретизации должно находиться в диапазоне от 495,0 до 505,0 пикселей/дюйм; для систем с разрешающей способностью 1000 пикселей/дюйм, значение частоты пространственной дискретизации должно находиться в диапазоне от 990,0 до 1010,0 пикселей/дюйм. Действительная частота пространственной дискретизации биометрического сканера может быть больше требуемой частоты пространственной дискретизации, в таком случае на выходе производится «уменьшение» до требуемой частоты пространственной дискретизации. Однако действительная частота пространственной дискретизации не может быть меньше требуемой; то есть «увеличение» до требуемой частоты пространственной дискретизации запрещено.

Геометрическая точность в поперечном направлении измеряется в поперечном направлении изображенных линий решетки Ронки с частотой 0,1 пар линий/мм, которые охватывают практически всю области регистрации изображения. Требование к частоте пространственной дискретизации в 500 пикселей/дюйм соответствует точности определения координат ± 1,0% для расстояний от 0,07 до 1,5 дюймов и ± 0,0007 дюйма (1/3 пикселя) для расстояний меньше или равных 0,07 дюйма. Требование к частоте пространственной дискретизации в 1000 пикселей/дюйм соответствует точности определения координат ± 0,71% для расстояний от 0,07 до 1,5 дюймов и значению ± 0,0005 дюйма (1/2 пикселя) для расстояний меньше или равных 0,07 дюйма.

Геометрическая точность в продольном направлении измеряется вдоль каждой изображенной линии решетки Ронки с частотой 0,1 пар линий/мм, которые охватывают практически всю области регистрации изображения. Например, для представленной горизонтальной линии изображения, максимальное значение разницы между точками пересечения данной линии с вертикальной и горизонтальной осями, измеренной в нескольких точках сегмента линии длиной 1,5 дюйма, сравнивается с максимально допустимым значением разницы (аналогично для вертикальной линии). Данное требование необходимо для гарантии того, что подушкообразное или бочкообразное искажение в основной области исследования, то есть на отпечатке одного пальца, не слишком велико.

B.3.3.2.3 Используемые миры

B.3.3.2.3.1 Миры для биометрического сканера, работающего по принципу нарушенного полного внутреннего отражения в светлом поле

Мира должна покрывать не менее 70 % рабочей поверхности биометрического сканера. Тестовая структура представляет собой решетку с постоянным периодом 1 мм. Мира может состоять из направленно-отражающих структур, таких как хромовые полоски на стеклянной подложке. Свет, проходящий через стеклянную подложку, должен выводиться призмой, которая должна находиться сверху на мире.

В качестве альтернативы покрытой хромом стеклянной мире может быть использована полимерная пленка с напечатанными черными линиями. В таком случае нет необходимости в размещении призмы на мире. Отражение света осуществляется от обратной стороны пленки.

Напечатанные на пленке черные области поглощают и рассеивают свет, и таким образом получаются темными на изображении. Использование данного материала миры рекомендовано при большой рабочей поверхности биометрического сканера.

B.3.3.2.3.2 Миры для биометрического сканера, работающего по принципу нарушенного полного внутреннего отражения в темном поле

Мира должна покрывать не менее 70 % рабочей поверхности биометрического сканера. Тестовая структура представляет собой решетку с постоянным периодом 1 мм.

Мира должна состоять из диффузного глянцевого отражающего материала, на который нанесены темные структуры. Данные структуры могут быть нанесены фотографическим или печатным способом. В качестве материала для миры нельзя использовать фотобумагу или мелованную бумагу так как оптические свойства данных материалов могут изменяться при намокании в результате воздействия иммерсионной жидкости. Таким образом, в качестве подложки рекомендуется использовать пластиковые материалы, покрытые фотоэмульсией; данные материалы нечувствительны к воздействию иммерсионной жидкости; темные структуры могут быть нанесены способом аналогичным фотографическому процессу нанесения на бумагу.

B.3.3.2.4 Методика испытания

B.3.3.2.4.1 Первый этап испытания

Миры с иммерсионной или другой похожей жидкостью должны быть размещены на рабочей поверхности биометрического сканера. При использовании покрытой хромом стеклянной миры свет, проникающий через стеклянную подложку, должен выводиться призмой, которая должна располагаться сверху на объекте. При использовании в качестве объекта пластиковой пленки с черной печатью необходимость в размещении призмы на объекте отсутствует. Каждая мира должна помещаться на рабочую поверхность биометрического сканера четыре раза: два раза с вертикально направленными линиями (каждый раз поворачивая объект на 180°) и два раза с горизонтально направленными линиями (каждый раз поворачивая объект на 180°). При использовании данного метода можно обнаружить ошибки, причиной которых является мира, а не биометрический сканер.

После размещения миры на рабочей поверхности биометрического сканера необходимо убедиться в том, что полосы миры расположены параллельно пикселям биометрического сканера. Чтобы это выявить, необходимо искать эффекты наложения частот на краях линий, рассматривая зарегистрированные изображения на высококачественном мониторе.

B.3.3.2.4.2 Второй этап испытания

Определяются координаты пикселей на краях разлинованной области зарегистрированного изображения. Данная информация и размеры изображения необходимы для оценки специальным программным обеспечением (см. E.3.2.3). Данное программное обеспечение определяет в пределах заданной области измерения расстояние между соседними линиями, среднее расстояние между шестью линиями и координаты центральной оси каждой линии. В качестве единицы измерения необходимо использовать пиксель.

B.3.3.2.4.3 Третий этап испытания

На основании результатов второго этапа испытания и известного периода решетки миры (1 мм) можно определить частоту пространственной дискретизации биометрического сканера в разных областях изображения. Данная частота пространственной дискретизации может быть использована для перевода расстояния между линиями

из пикселей в мм. Основываясь на данных значениях можно вычислить разницу между теоретическим и измеренным расстоянием между линиями для разных областей измерения. Расположение линий и их продольный изгиб позволяют вычислить коэффициент искажения биометрического сканера.

В.3.3.2.5 Соответствие требованиям

В рамках данного сценария испытания необходимо полное соответствие значениям, перечисленные в пункте «Требования».

В.3.3.3 Анализ ЧКХ

В.3.3.3.1 Требования

ПЧХ должна измеряться при помощи миры в виде бинарной решетки (решетки Ронки), что определено как измерение ЧКХ. Значения, являющиеся результатом измерения ЧКХ линий должны быть равны или превышать минимальные значения контраста, определяемые уравнением 1 или уравнением 2 в направлении строк и столбцов датчика и в любой зоне обзора биометрического сканера. Значения ЧКХ, вычисленные при помощи уравнений 1 и 2 для стандартных частот испытания, представлены в таблице В.6. Ни одно из вычисленных значений контраста ЧКХ на спецификационных пространственных частотах не должно превышать 1,05. Полученное на выходе изображение штриховой миры не должно иметь значительного эффекта наложения частот.

Таблица В.6 — Минимальный и максимальный контраст

Частота (пар линий/мм)	Минимальный контраст для биометрических сканеров с разрешающей способностью 500 пикселей/дюйм	Минимальный контраст для биометрических сканеров с разрешающей способностью 1000 пикселей/дюйм	Максимальный контраст
1,0	0,948	0,957	1,05
2,0	0,869	0,904	1,05
3,0	0,791	0,854	1,05
4,0	0,713	0,805	1,05
5,0	0,636	0,760	1,05
6,0	0,559	0,716	1,05
7,0	0,483	0,675	1,05
8,0	0,408	0,636	1,05
9,0	0,333	0,598	1,05
10,0	0,259	0,563	1,05
12,0	—	0,497	1,05
14,0	—	0,437	1,05
16,0	—	0,382	1,05
18,0	—	0,332	1,05
20,0	—	0,284	1,05

Штриховая мира может не содержать конкретных частот, список которых представлен в предыдущей таблице; однако, решетка должна охватывать весь диапазон представленных в списке частот и содержать шаблоны линий, близкие к каждой из перечисленных частот. Следующие уравнения используются для получения минимально допустимых значений контраста ЧКХ при использовании штриховой миры, содержащей частоты, которые не представлены в таблице В.6.

Биометрический сканер с разрешающей способностью 500 пикселей/дюйм, для f = от 1,0 до 10,0 пар линий/мм:

$$ЧКХ = 3{,}04105E\text{-}04 \times f^2 - 7{,}99095E\text{-}02 \times f + 1{,}02774. \quad (В.5)$$

Биометрический сканер с разрешающей способностью 1000 пикселей/дюйм, для f = от 1,0 до 20,0 пар линий /мм:

$$ЧКХ = -1{,}85487E\text{-}05 \times f^3 + 1{,}41666E\text{-}03 \times f^2 - 5{,}73701E\text{-}02 \times f + 1{,}01341. \quad (В.6)$$

Для конкретной штриховой миры спецификационные частоты включают в себя все частоты линий решетки в диапазоне от 1,0 до 10 пар линий/мм (биометрический сканер с разрешающей способностью 500 пикселей/дюйм) или от 1,0 до 20 пар линий/мм (биометрический сканер с разрешающей способностью 1000 пикселей/дюйм).

В.3.3.3.2 Краткая информация

Штриховой мирой является решетка Ронки, которая состоит из линий одинаковой ширины и пространственного прямоугольного сигнала с высокой контрастностью и резкими краями. Все решетки должны быть установлены на одну миру. Дополнительно на мире должны располагаться большие черные и белые структуры для определения

ЧКХ на нулевой частоте. Пространственная частота данных структур должна быть не более 3 % от частоты Найквиста. Для всех биометрических сканеров отпечатков пальцев ширина данных структур должна быть не менее 1,7 мм. Каждая область испытания с перечисленными выше частотами должна иметь необходимое число и длину решеток, указанные в таблице В.7.

Таблица В.7 — Размеры структур тест-объекта

Пространственная частота R ($мм^{-1}$)	Минимальное число линий	Ширина линий (мм)	Минимальная длина линий (мм)	R/R Найквиста (при 500 пикселей/дюйм)	R/R Найквиста (при 1000 пикселей/дюйм)
0,3	1	> 1,700	2,50	3 %	1,5 %
1	4	0,500	2,50	10 %	5 %
2	5	0,250	1,25	20 %	10 %
3	5	0,167	0,85	30 %	15 %
4	5	0,125	0,63	40 %	20 %
5	10	0,100	0,50	50 %	25 %
6	10	0,083	0,42	60 %	30 %
7	10	0,071	0,36	70 %	35 %
8	10	0,063	0,32	80 %	40 %
9	10	0,056	0,28	90 %	45 %
10	10	0,050	0,25	100 %	50 %
12	10	0,042	0,25	—	60 %
14	10	0,036	0,25	—	70 %
16	10	0,032	0,25	—	80 %
18	10	0,028	0,25	—	90 %
20	10	0,025	0,25	—	100 %

В.3.3.3.3 Используемые миры

В.3.3.3.3.1 Миры для биометрического сканера, работающего по принципу нарушенного полного внутреннего отражения в светлом поле

Мира может состоять из направленно отражающих структур, таких как хромовые полоски на стеклянной подложке. Структура миры должна быть такой, как описано в разделе выше.

Свет, проходящий через стеклянную подложку должен выводиться призмой, расположенной сверху на мире (пункт «Требования к объекту испытания»).

В качестве альтернативы покрытой хромом стеклянной мире может быть использована полимерная пленка с напечатанными черными линиями. В таком случае нет необходимости в размещении призмы на мире. Отражение света осуществляется от обратной стороны пленки. Напечатанные на пленке черные области поглощают и рассеивают свет и таким образом получаются темными на изображении. Использование данного материала миры рекомендовано при большой рабочей поверхности биометрического сканера.

При определении ЧКХ необходимо учитывать то, что мира имеет определенную частотную характеристику (как правило, обусловленную процессом производства). Таким образом, перед использованием миры в данном исследовании ее ЧКХ должна быть испытана при помощи микроскопа.

Если мира охватывает не менее 25 % рабочей поверхности биометрического сканера, то она лишь единожды должна быть помещена в центр рабочей поверхности. В противном случае мира должна быть помещена на рабочую поверхность дважды, справа и слева от центра. Таким образом, должно быть зарегистрировано необходимое число изображений.

В.3.3.3.3.2 Миры для биометрического сканера, работающего по принципу нарушенного полного внутреннего отражения в темном поле

Мира должна состоять из диффузного глянцевого отражающего материала, на который нанесены темные структуры. Данные структуры могут быть нанесены фотографическим или печатным способом. В качестве материала для миры нельзя использовать фотобумагу или мелованную бумагу, так как оптические свойства данных материалов могут изменяться при намокании в результате воздействия иммерсионной жидкости. Таким образом, в качестве подложки рекомендуется использовать пластиковые материалы, покрытые фотоэмульсией; данные материалы нечувствительны к воздействию иммерсионной жидкости; темные структуры могут быть нанесены способом, аналогичным фотографическому процессу нанесения на бумагу.

При определении ЧКХ необходимо учитывать то, что мира имеет определенную частотную характеристику (как правило, обусловленную процессом производства). Таким образом, перед использованием миры в данном исследовании ее ЧКХ должна быть испытана при помощи микроскопа.

Если мира охватывает не менее 25 % рабочей поверхности биометрического сканера, то она лишь единожды должна быть помещена в центр рабочей поверхности. В противном случае мира должна быть помещена на рабочую поверхность дважды, справа и слева от центра. Таким образом, должно быть зарегистрировано необходимое число изображений.

B.3.3.3.4 Методика испытания

B.3.3.3.4.1 Первый этап испытания

Мира должна быть помещена на рабочую поверхность (пункт «Требования к мирам»). Расхождение миры относительно строк пикселей изображения не должно превышать 0,5°. При помощи каждой миры необходимо получить два изображения: одно с линиями в вертикальном направлении, второе с линиями в горизонтальном направлении.

B.3.3.3.4.2 Второй этап испытания

Определяются координаты краев прямоугольника, обрамляющего все решетки. При помощи данных координат, размера файла и размеров тестовых объектов будет вычисляться ЧКХ всех отдельных тестовых решеток.

B.3.3.3.4.3 Третий этап испытания

Вычисленные значения ЧКХ должны быть откорректированы при помощи действительных/измеренных значений контраста миры. К тому же модуляция миры не реализует идеального «черного» и «белого». Поэтому контраст должен быть откорректирован при помощи значений «черного» и «белого», определенных на больших элементах, как описано в пункте «Краткая информация»; все значения ЧКХ должны быть разделены на данное значение контраста.

B.3.3.3.5 Соответствие требованиям

В рамках данного сценария испытания необходимо полное соответствие значениям, перечисленным в пункте «Требования». Значения ЧКХ горизонтального и вертикального направлений должны соответствовать этим значениям. Полученное на выходе изображение не должно иметь значительного эффекта наложения частот.

B.3.3.4 Анализ ОСШ и однородности уровней серого

B.3.3.4.1 Требования

ОСШ белого образца и ОСШ черного образца должны быть больше или равны 125,0 как минимум в 97,0 % соответствующих случаев в пределах каждой области измерения. Однородность уровней серого определяется для следующих трех случаев:

- **однородность смежных строк, столбцов:** не менее 99 % средних уровней серого двух смежных строк или столбцов длиной 0,25 дюйма в пределах каждой изображенной области не должны отличаться более чем на 1,0 уровень серого при сканировании объекта с однородной низкой отражающей способностью и более чем на 2,0 уровня серого при сканировании объекта с однородной высокой отражающей способностью;

- **однородность между пикселями:** уровень серого каждого отдельного пикселя для 99,9 % всех пикселей в каждой независимой области размером 0,25×0,25 дюйма, расположенной в пределах изображенной области, не должен отличаться от среднего значения более чем на 22,0 уровня серого при сканировании объекта с однородной высокой отражающей способностью и более чем на 8,0 уровней серого при сканировании объекта с однородной низкой отражающей способностью;

- **однородность малой области:** средние уровни серого двух независимых областей размером 0,25×0,25 дюйма, расположенных в пределах изображенной области, не должны отличаться более чем на 12,0 уровней серого при сканировании объекта с однородной высокой отражающей способностью и более чем на 3,0 уровня серого при сканировании объекта с однородной низкой отражающей способностью.

B.3.3.4.2 Краткая информация

Сигналом называется разница между средними выходными уровнями серого, полученными при сканировании объектов с однородной низкой и высокой отражающей способностью, при измерении средних значений в независимых областях размером 0,25×0,25 дюйма в пределах каждой области сканирования. Шумом называется стандартное отклонение уровней серого в каждой из данных независимых областей измерения. Вследствие этого, у каждой пары изображений с высоким и низким коэффициентом отражение есть два значения ОСШ: одно на базе среднеквадратичного отклонения для высокого коэффициента отражения и второе на базе среднеквадратичного отклонения для низкого коэффициента отражения. Для получения истинного показателя среднеквадратичного отклонения биометрический сканер настраивается таким образом, чтобы средний уровень серого светлого образца был на несколько значений ниже 255 или верхнего уровня клиппирования (в зависимости от того, какой уровень ниже), а средний уровень серого темного образца должен быть на несколько уровней выше 0 или нижнего уровня клиппирования (в зависимости от того, какой уровень выше). Следует отметить, что при данном методе измерения ОСШ не осуществляется попыток изолировать различные источники шума или раздельно измерять различные типы шума; вычисленный уровень шума является совокупностью всех типов и источников шума. Однородность уровней серого вычисляется при помощи тех же изображений, что описаны в пункте «Требования».

B.3.3.4.3 Используемые миры

B.3.3.4.3.1 Миры для биометрического сканера, работающего по принципу нарушенного полного внутреннего отражения в светлом поле

Для измерения ОСШ и однородности уровней серого исключено использование мир с высоким коэффициентом отражения, помещаемых на рабочую поверхность биометрического сканера. Для данного испытания на пути луча биометрического сканера необходимо помещать гомогенные поглощающие миры с постоянной оптической плотностью. Полученное изображение должно быть равномерно светлым или темным со средним значением серого на четыре значения выше минимального значения серого биометрического сканера или, соответственно, на четыре значения ниже максимального значения серого биометрического сканера. Если миры помещаются на пути оптического луча биометрического сканера, они должны восприниматься как тонкие фильтры, препятствующие смещению луча, которое может привести к неоднородностям и повышенному уровню шума.

B.3.3.4.3.2 Миры для биометрического сканера, работающего по принципу нарушенного полного внутреннего отражения в темном поле

Мира должна состоять из диффузного светлого и темного отражающего материала. Миры должны быть гомогенными, чтобы вместе с биометрическим сканером отпечатков пальцев отвечать представленным в списке требованиям. Например, для испытания Манселла, как правило, рекомендуется: № 3 (темный, 7 % отражения), № 9 (светлый, 79 % отражения). При использовании миры подложка может быть намочена иммерсионной жидкостью. Ее оптические свойства, как правило, при этом не изменяются, но испытание должно быть проведено единожды с одной мирой и как можно быстрее.

B.3.3.4.4 Методика испытания

B.3.3.4.4.1 Первый этап испытания

Для биометрических сканеров отпечатков пальцев, работающих по принципу нарушенного полного отражения в светлом поле: фильтры должны располагаться на пути луча сканера (открытый корпус сканера) или соответствующим образом должна быть отрегулирована длительность экспонирования. Для каждого фильтра, расположенного на пути луча биометрического сканера, и при каждом изменении длительности экспонирования необходимо регистрировать изображение свободной области регистрации изображения, в результате чего должны получиться одно светлое и одно темное изображения. Для биометрических сканеров отпечатков пальцев, работающих по принципу нарушенного полного отражения в темном поле: Миры должны располагаться на рабочей поверхности с иммерсионной жидкостью в качестве связующего звена. При помощи каждой из двух мир должно быть зарегистрировано одно изображение, в результате чего должны получиться одно светлое и одно темное изображения.

B.3.3.4.4.2 Второй этап испытания

Для определения ОСШ зарегистрированное изображение делится на тестовые поля размером 0,25×0,25 дюйма и определяется среднее значение серого, число ложных пикселей и стандартное отклонение значений серого всех строк и столбцов каждого тестового поля. На основании данных значений вычисляются ОСШ и однородность уровней серого. ОСШ необходимо вычислить для всех тестовых полей изображения. Для каждого пикселя необходимо вычислить отклонение от среднего значения серого тестового поля. Для определения ОСШ темного и светлого поля вычисляется отношение данных значений к стандартному отклонению значений серого каждого тестового поля в светлом и темном поле. Для определения однородности уровней серого, полученные изображения снова делятся на тестовые поля размером 0,25×0,25 дюйма и определяется среднее значение серого, число ложных пикселей и стандартное отклонение значений серого всех строк и столбцов конкретного тестового поля.

B.3.3.4.5 Соответствие требованиям

В рамках данного сценария испытания необходимо полное соответствие значениям, перечисленным в пункте «Требования».

B.3.3.5 Анализ динамического диапазона изображений отпечатков пальцев

B.3.3.5.1 Требования

Биометрический сканер с разрешающей способностью 500 или 1000 пикселей/дюйм должен зарегистрировать контактным методом следующий наборов изображений:

- для стандартного биометрического сканера: зарегистрировать полный набор отпечатков пальцев у 10 субъектов; то есть 10 отпечатков методом прокатки (по пять пальцев каждой руки), два отпечатка больших пальцев и два отпечатка четырех пальцев контактным методом;
- для биометрического сканера ладони: зарегистрировать ладони левой и правой руки у 10 субъектов;
- для биометрического сканера, регистрирующего контактным методом изображения отпечатков пальцев: зарегистрировать контактным методом отпечатки четырех пальцев левой и правой руки и отпечатки двух больших пальцев у 10 субъектов;
- для построения гистограммы каждого изображения учитываются все значения серого с 5 пикселями и выше. Гистограмма должна быть непрерывной и не должна содержать какие-либо артефакты. Не менее 80,0 % зарегистрированных изображений отпечатков пальцев должны иметь динамический диапазон не менее 200 уровней серого. Не менее 99,0 % изображений должны иметь динамический диапазон не менее 128 уровней серого.

B.3.3.5.2 Краткая информация

Данное испытание демонстрирует функционирование биометрического сканера в рабочем режиме.

B.3.3.5.3 Используемые миры

В данном сценарии испытания миры не используются.

B.3.3.5.4 Методика испытания

B.3.3.5.4.1 Первый этап испытания

Субъекты, принимающие участие в испытании, должны последовательно поместить свои пальцы в область регистрации изображения биометрического сканера. На один палец приходится одно изображение. Если сканер может регистрировать изображения одновременно четырех пальцев, то регистрируется такое изображение.

B.3.3.5.4.2 Второй этап испытания

Гистограммы всех изображений оцениваются согласно представленным выше требованиям.

B.3.3.5.5 Соответствие требованиям

В рамках данного сценария испытания необходимо полное соответствие значениям, перечисленным в пункте «Требования».

Приложение С
(справочное)

Пример записи данных изображения отпечатка пальца

В данном приложении приведен пример записи изображения отпечатка пальца.

Изображение отпечатка пальца на рисунке, представленном далее, служит примером процесса шифрования данных и будет отформатировано в соответствии с требованиями настоящего стандарта. Предоставлен отпечаток указательного пальца левой руки, зарегистрированный методом прокатки.

Технология биометрического сканера неизвестна.

Частота пространственной дискретизации биометрического сканера: 500 пикселей/дюйм.

Битовая глубина: 8 битов.

Размер изображения: 375x625 пикселей.

К изображению не применялся алгоритм сжатия, чтобы иметь возможность его визуализировать.

Биометрический сканер имеет один блок «Качество» и один блок «Сертификация».

Необходимые для данного примера поля представлены в таблицах С.1 и С.2.

Т а б л и ц а С.1 — Пример блока «Общий заголовок»

Поле	Байты	Значение	Примечание
Идентификатор формата	4	0x46495200	“FIR” — Запись изображения отпечатка пальца
Номер версии стандарта	4	0x30323000	“020”
Длина записи	4	0x000393C9	Одно представление отпечатка пальца Длина блока «Общий заголовок» (16) + длина блока «Заголовок представления» (50) + длина данных (234375) = 234441 байтов
Число представлений пальца/ладони	2	0x0001	Изображение отпечатка пальца зарегистрировано один раз
Сертификационный флаг	1	0x01	Запись данных о сертификации присутствует
Число пальцев/ладоней	1	0x01	Только указательный палец левой руки

Т а б л и ц а С.2 — Пример блока «Заголовок представления»

Поле	Байты	Значение	Примечание
Длина блока данных отпечатка пальца (в байтах)	4	0x00 03 93 B9	Включает заголовок и самый крупный блок данных изображения
Дата и время регистрации	9	0x07D5 0C 0F 11 23 13 0000	15 Декабря 2005 в 17:35:19.000
Идентификатор технологии биометрического сканера	1	00x0	Технология неизвестна или не установлена
Идентификатор изготовителя биометрического сканера	2	0xABCD	Идентификатор, присвоенный изготовителю МАБП
Идентификатор типа биометрического сканера	2	0x1235	Идентификатор, присвоенный изготовителем
Показатель качества	1	0x3A	Значение показателя качества изображения — 58

Окончание таблицы С.2

Поле	Байты	Значение	Примечание
Идентификатор разработчика алгоритма оценки качества	2	0xABCD	Идентификатор, присвоенный разработчику МАБП
Идентификатор алгоритма оценки качества	2	0x1234	Идентификатор, присвоенный разработчиком
Число блоков «Сертификация»	1	0x01	Один блок «Сертификация»
Идентификатор сертифицирующего органа	2	0x78AB	Идентификатор, присвоенный МАБП
Идентификатор схемы сертификации	1	0x01	Сертификация при помощи приложения В.1
Наименование пальца/ладони	1	0x07	Указательный палец левой руки
Номер представления	1	0x00	Первая регистрация
Битовая глубина	1	0x08	256 уровней серого
Алгоритм сжатия изображения	1	0x00	Несжатый (нет битовой упаковки)
Высота изображения	2	0x0271	625 горизонтальных линий
Длина данных изображения	4	0x00039387	234,375 байтов

Приложение D
(справочное)

Условия для регистрации изображений отпечатков пальцев

D.1 Общие положения

Данное приложение описывает технику, разработанную для облегчения процесса получения наилучших отпечатков пальцев, зарегистрированных биометрическим сканером. Приложение предназначено как для пользователей систем регистрации отпечатков пальцев, так и для разработчиков систем регистрации отпечатков пальцев и систем биометрической аутентификации. Описания, представленные в данном приложении, нацелены на регистрацию высококачественных изображений отпечатков пальцев контактным методом. Изображения отпечатков пальцев, зарегистрированных методом прокатки, которые используются в правоохранительных органах, не являются целью данного приложения, так как регистрация подобных отпечатков, как правило, контролируется квалифицированным оператором, следящим за правильностью положения пальца или ладони и за силой нажима.

Термин «подтверждение», применяющийся в настоящем приложении, означает принятие итогового решения о принятии/отказе согласно визуальному осмотру зарегистрированного изображения. В данном приложении не отражены конкретные критерии принятия решения, но приводятся некоторые требования, которые необходимо учитывать разработчикам и изготовителям систем. Процедуры, выполняемые в случае, когда изображение отпечатка пальца не может быть зарегистрировано, выходят за рамки области применения настоящего приложения, так же как и техника сжатия и шифрования зарегистрированных изображений.

D.2 Рекомендации по регистрации изображений отпечатков пальцев

D.2.1 Рекомендации для биометрических сканеров отпечатков пальцев (двумерный планшетный сканер)

D.2.1.1 Спецификации качества изображения

Рекомендуется использовать биометрические сканеры отпечатков пальцев, которые удовлетворяют требованиям установленным в таблице 5. Биометрический сканер должен периодически калиброваться. Метод калибровки зависит от используемого биометрического сканера. Описание метода калибровки выходит за рамки области применения настоящего стандарта. Периодичность калибровки биометрического сканера зависит от изготовителя биометрического сканера и от области применения данного биометрического сканера. Периодичность калибровки должна быть установлена в качестве одной из стандартных эксплуатационных процедур для системы.

D.2.1.2 Рекомендации по расположению пальца на рабочей поверхности биометрического сканера

Корректное расположение пальца на рабочей поверхности биометрического сканера позволяет регистрировать более эффективную область изображения одной и той же части пальца. Другими словами, перекрывающиеся области сравниваемых изображений становятся больше, что предположительно приведет к повышению точности верификации. Центром отпечатка пальца является наивысшая точка внутренней изогнутой поверхности пальца. Если центр отпечатка расположен в центральной части зарегистрированного изображения, то это в общем случае приведет к большей области перекрытия отпечатков при верификации. С этой целью целесообразно использовать экранный монитор, на котором можно проверить расположение пальца, или биометрические сканеры с функцией автоматического определения расположения пальца, которые обеспечивают обратную связь с пользователем, что позволяет предотвратить регистрацию только края кончика пальца.

В некоторых классах шаблонов центр отпечатка не расположен в центре пальца. В подобных случаях описанный выше метод выравнивания по центру, может оказаться неприменимым.

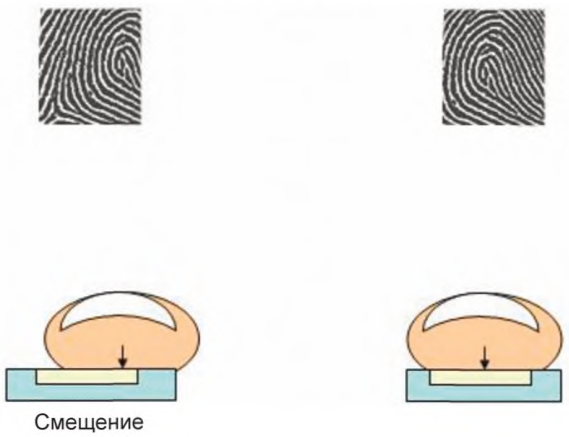


Рисунок D.1 — Центрирование пальца

Если расположение кончиков пальцев на рабочей поверхности биометрического сканера всегда совпадает, то перекрывающаяся область двух изображений будет одинаковой.

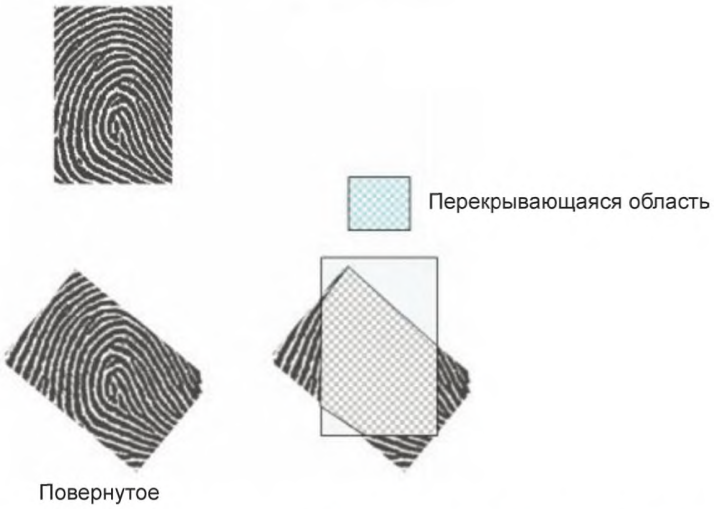


Рисунок D.2 — Вращение и наблюдаемая область перекрытия

Каждый раз при регистрации необходимо предоставлять визуальное или звуковое руководство по правильному размещению пальца или устройство биометрического сканера должно быть таким, чтобы пользователь всегда размещал палец правильно.

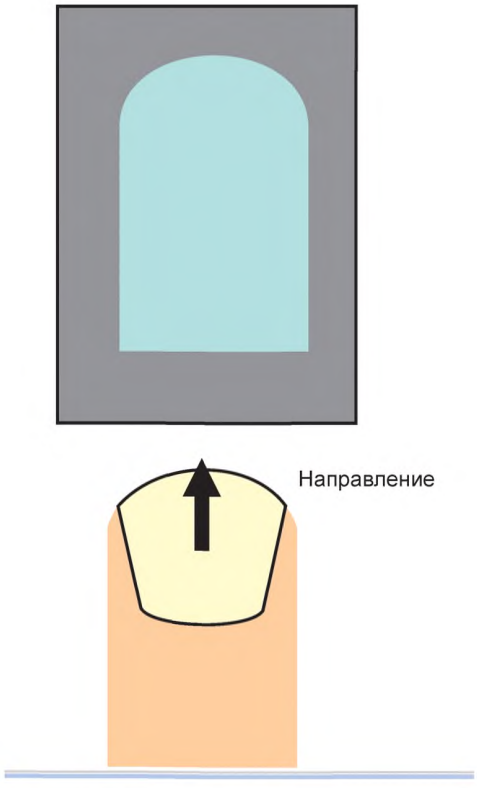
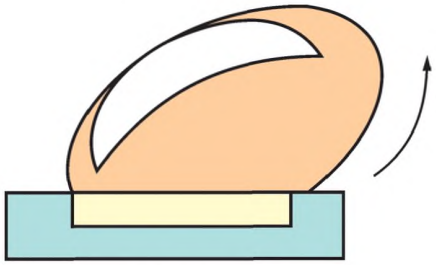


Рисунок D.3 — Направление кончика пальца

Если палец размещен под углом к датчику, то будет зарегистрирован край пальца и практическая ценность образца будет снижена.



Прокатывание

Рисунок D.4 — Палец под углом

Уменьшение подобных поперечных движений также необходимо для увеличения точности. При одновременной регистрации нескольких пальцев вероятность поперечных движений снижается.

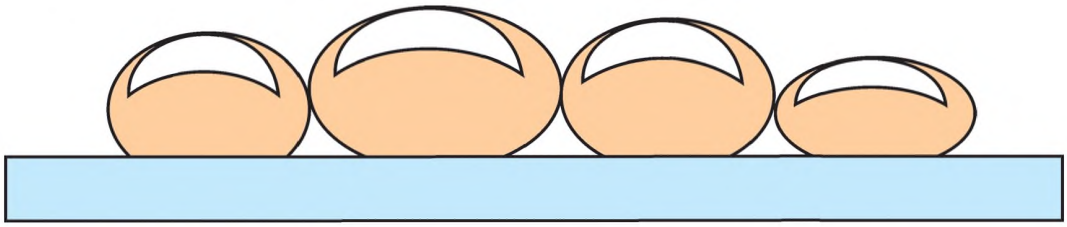


Рисунок D.5 — Одновременная регистрация нескольких пальцев

Автоматическое определение центра отпечатка пальца зависит от функциональных характеристик алгоритма. Одновременная регистрация нескольких пальцев и контроль размещения первого пальца обеспечивают улучшение качества регистрируемого изображения.

D.2.1.3 Освещение, подсветка, приведение в рабочее состояние

Биометрические сканеры отпечатков пальцев (оптические) освещают палец во время его регистрации. Однако окружающее освещение может негативно повлиять на процесс регистрации. Например, свет от верхнего освещения может попасть на датчик. Данный эффект можно смягчить установив крышу или иное препятствие для того, чтобы устранить внешнюю засветку, или использовать свет с диапазоном длин волн, отличающихся от диапазона длин волн общего освещения. В случае если для освещения датчика используется видимый свет, включение данного света может быть использовано как сигнал к началу процесса регистрации.

D.2.1.4 Очищение рабочей поверхности биометрического сканера

Перед калибровкой биометрического сканера необходимо очистить рабочую поверхность от отпечатков пальцев. Необходимо проверить, могут ли отпечатки пальцев на рабочей поверхности биометрического сканера оказывать влияние на последующую регистрацию изображений отпечатков пальцев. Чрезмерное скопление грязи или отпечатков пальцев на рабочей поверхности может негативно повлиять на качество регистрируемого изображения. Рабочую поверхность биометрического сканера необходимо очищать в соответствии с указаниями изготовителя и стандартными процедурами эксплуатации для конкретной области применения.

D.2.1.5 Увлажнение

Качество зарегистрированного изображения может ухудшаться в случае, если кожа пальца слишком сухая. Если предполагается, что сухая кожа субъекта стала причиной низкого качества изображения, необходимо увлажнить палец, например, подышав на него, коснувшись влажной от пота части тела, протерев его влажной салфеткой или нанеся на него гель или крем.

Если палец слишком влажный, влага может отобразиться на изображении или оставить след на рабочей поверхности биометрического сканера. В данном случае необходимо протереть рабочую поверхность биометрического сканера или другим способом избавиться от следов влаги.

D.2.1.6 Высушивание

Если палец слишком влажный, его необходимо протереть сухой салфеткой или высушить при помощи воздуха. Если предполагается, что влажная кожа субъекта стала причиной низкого качества изображения, необходимо высушить палец.

D.2.1.7 Отсутствие пальца

В некоторых случаях отпечаток пальца не может быть зарегистрирован в связи с отсутствием пальца или по другой причине. В зависимости от того, является ли данная ситуация временной (перелом кости, травма и т.д.) или постоянной (ампутация, инвалидность и т.д.), для обработки таких случаев должна применяться соответствующая политика.

D.2.1.8 Выбор пальца и порядок регистрации

Необходимо предоставлять визуальное или звуковое руководство по выбору и порядку регистрации пальцев: нужно ли регистрировать только левую руку, только правую руку или обе руки; в случае регистрации обеих рук,

какую руку регистрировать первой. Когда необходимо зарегистрировать более одного пальца или существует определенный порядок регистрации, оборудование должно при помощи, например, диаграмм или рисунков, четко указать пользователю тот палец (пальцы), отпечаток которого необходимо зарегистрировать.

Правила ввода альтернативных данных должны быть определены заранее для случая, когда нельзя зарегистрировать отпечатки каких-либо пальцев. Например, когда недоступен указательный палец, необходимо определить правило предоставления среднего, большого или безымянного пальца в качестве альтернативы, и также должен быть определен порядок предоставления альтернативных пальцев. При регистрации одновременно нескольких пальцев, исключенные пальцы могут быть подтверждены при помощи функции верификации пальцев друг с другом.

D.2.1.9 Оценка качества изображения отпечатка пальца

Производительность любой биометрической системы сильно зависят от качества данных, зарегистрированных биометрическим сканером.

Для обеспечения обратной связи с пользователями в режиме реального времени программное обеспечение многих биометрических сканеров включает автоматическую оценку качества регистрируемого изображения. Алгоритмы оценки качества изображения отпечатка пальца описанные ИСО/МЭК ТО 29794-4, являются справочными материалами для вычисления показателей качества, принятых изготовителями биометрического сканера.

Другой метод заключается в регистрации и перекрестном сравнении нескольких изображений одного и того же пальца с целью определения, превосходят ли показатели пороги, установленные для системы. Если превосходят, то качество является достаточным для предусмотренной области применения. Дальнейшее развитие данного подхода заключается в графическом построении показателей всех перекрестных сравнений (рисунок 7); предполагается, что изображение с наиболее высоким средним показателем обладает наилучшим качеством.

Преимуществом оценки качества изображения во время регистрации является возможность выявить проблемы, из-за которых характеристики отпечатка пальца субъекта обладают недостаточным уровнем качества для предусмотренной области применения, тем самым обеспечивая введение надлежащих контрмер (например, использовать другой палец, отложить регистрацию или принять решение об использовании другой модальности).

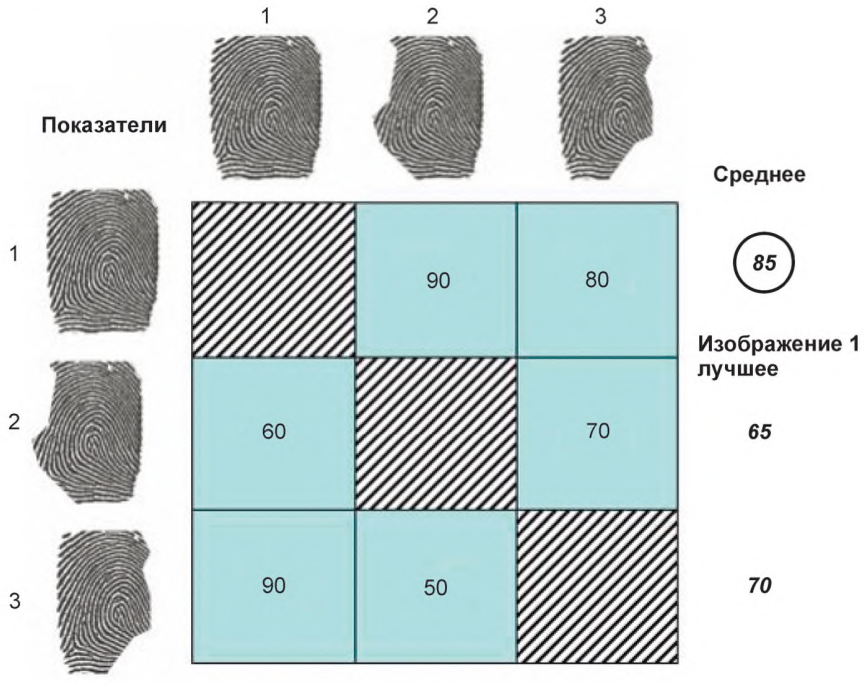


Рисунок D.6 — Выбор лучшего изображения при помощи среднего показателя пробного сравнения

D.2.1.10 Обработка имеющихся данных

Если отпечаток пальца был зарегистрирован ранее, то идентификация отпечатка пальца может быть проведена при помощи процесса сравнения. Также возможна ситуация, при которой изображение пальца, считавшееся ранее не зарегистрированным, было зарегистрировано под другим идентификационным номером.

D.2.1.11 Факторы, влияющие на регистрацию изображения

Высота от пола или от стола до поверхности биометрического сканера, также как и наклон рабочей поверхности биометрического сканера по отношению к полу или столу, влияют на качество зарегистрированных изображений. Другими факторами, влияющими на качество, является число одновременно регистрируемых пальцев (1, 2, 4 и т.д.) и факт одновременной или раздельной регистрации рук. Когда регистрация осуществляется в разных местах, крайне желательно использовать совместимые устройства с точки зрения критериев качества

изображения (сертификаты устройств App F и PIV), размеров рабочей поверхности и процессов регистрации отпечатков пальцев. Контроль расположения (высота от пола и угол наклона) биометрического сканера также обеспечивает стабильное качество регистрации.

Также необходимо учитывать рост, состояние здоровья и физические недостатки субъекта.

Применение портативного или переносного биометрического сканера может облегчить регистрацию изображений отпечатков пальцев у подобных субъектов.

Расположение тела относительно рабочей поверхности биометрического сканера также влияет на качество зарегистрированных изображений. Как правило, люди протягивают свои руки таким образом, что большой палец оказывается приподнят, а мизинец опущен, что позволяет удобно прокатывать палец (с фалангой пальца в качестве оси) по горизонтально размещенной рабочей поверхности биометрического сканера. Данная проблема отсутствует при регистрации одновременно четырех пальцев, но данные и другие факторы эксплуатации должны быть приняты во внимание при выборе места установки биометрического сканера.

D.2.1.12 Функционирование

В некоторых областях применения, особенно там, где не предусмотрен контроль оператором, необходимо предоставлять пользователю визуальные инструкции или звуковое руководство. Подобное руководство может включать в себя следующее:

- регистрация должна начинаться автоматически;
- если устройство отклоняет зарегистрированное изображение и требует повторной регистрации, пользователь должен быть уведомлен о необходимости перерегистрации;
- если регистрация не произошла даже после определенного числа попыток, устройство должно сообщить пользователю о необходимости принятия других мер.

D.2.1.13 Примеры положений

D.2.1.13.1 Регистрация отпечатка одного пальца субъекта, находящегося в положении стоя

Регистрация отпечатка одного пальца субъекта, находящегося в положении стоя, показана на рисунке D.7.

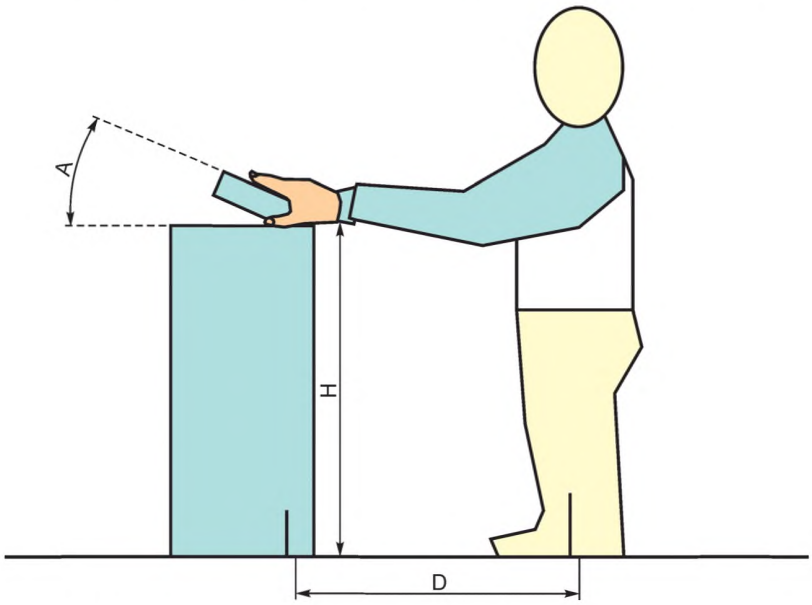


Рисунок D.7 — Регистрация отпечатка одного пальца субъекта, находящегося в положении стоя

Высота от пола (H), угол наклона (A), расстояние от субъекта до устройства (D) и другие параметры должны быть описаны в спецификации проекта.

D.2.1.13.2 Регистрация отпечатка четырех пальцев субъекта, находящегося в положении сидя

Регистрация отпечатка четырех пальцев субъекта, находящегося в положении сидя, показана на рисунке D.8.

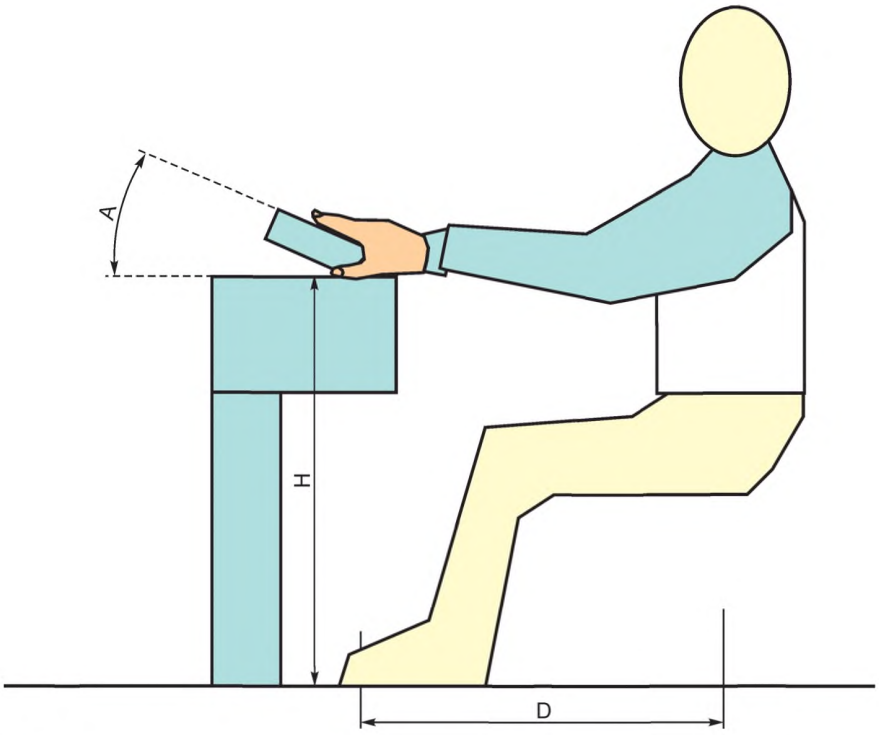


Рисунок D.8 — Регистрация отпечатка четырех пальцев субъекта, находящегося в положении сидя

Высота от пола (H), угол наклона (A), расстояние от субъекта до устройства (D) и другие параметры должны быть описаны в спецификации проекта.

D.2.1.14 Указания операторам биометрических систем

В некоторых системах используется более одного порога принятия решения. Например, если система выдает заключение «неизвестно» в дополнение к «верифицирован» и «неверифицирован». Если невозможно провести сравнение из-за качества изображения, то при наличии оператора можно избавиться от возникших сомнений по поводу результата верификации, предоставив ему значение качества зарегистрированного изображения.

D.2.1.15 Подтверждение

Если автоматического решения недостаточно, то для принятия итогового решения операторы системы регистрации могут:

- проверить, правильно ли пользователь понимает процедуру регистрации;
- визуально проверить изображения, содержащие высокодетализированную информацию кроме контрольных точек, например, является или не является полезная область маленькой.

D.3 Руководство по обращению с данными изображения

D.3.1 Метрика качества изображения

Алгоритмы оценки качества изображений отпечатков пальцев, описанные в ИСО/МЭК ТО 29794-4, являются справочными для алгоритмов вычисления показателей качества, указанных разработчиками в спецификации системы.

Если проводились попытки определить центр шаблона области отпечатка пальца, то разработчики систем могут рассмотреть внесение данной функции в спецификацию системы.

Если проводились попытки вычислить качество изображения, используя надежность обнаружения контрольных точек, то разработчики систем могут рассмотреть внесение данной функции в спецификацию системы.

D.3.2 Интерфейс пользователя (отображение регистрирующегося/ зарегистрированного изображения)

В случае с кооперативными пользователями лучше визуализировать зарегистрированные изображения. Демонстрация изображения отпечатка пальца может быть исключена.

D.3.3 Предобработка

Некоторые устройства снабжены функцией регистрации высококачественных изображений путем автоматического изменения параметров датчика в целях адаптации к изменениям характеристик, вызванным износом датчика или к изменениям состояния кожи. Однако из-за подстройки параметров процесс регистрации может занять больше времени. Необработанные данные, полученные датчиком, могут быть обработаны или усовершенствованы в целях улучшения визуализации. Однако вследствие повышения качества подробная информация о градациях серого может быть потеряна.

D.4 Программное обеспечение для оценки качества изображения отпечатка пальца

Программное обеспечение для регистрации изображений отпечатков пальцев должно обладать следующими характеристиками:

- индикация начала регистрации, инициирующейся в тот момент, когда субъект размещает свой палец на рабочей поверхности биометрического сканера;
- инструкция о последовательности действий при регистрации;
- выбор высококачественных изображений в соответствии с решением алгоритма автоматической оценки качества;
- повтор инструкций после неудачной попытки регистрации;
- должно быть установлено программное обеспечение для функции автоматического принятия решения по качеству (изготовитель, наименование продукта, версия и т. д.);
- должно быть установлено программное обеспечение для извлечения характерных особенностей;
- должно быть установлено программное обеспечение для верификации;
- пробное сравнение во время регистрации;
- выбор изображения с лучшим качеством при помощи функции пробного сравнения.

D.5 Рекомендации по размеру регистрируемого изображения отпечатка пальца

В таблице D.1 приведены рекомендации по размеру регистрируемого изображения отпечатка пальца (для одного пальца и комбинации указательного, среднего, безымянного и мизинца каждой руки).

Таблица D.1 — Рекомендации по размеру регистрируемого изображения отпечатка пальца

Наименование пальца	Код пальца	Максимальная область изображения, $см^2$	Ширина		Длина	
			мм	дюймы	мм	дюймы
Неизвестный	0	15,47	40,6	1,6	38,1	1,5
Большой палец правой руки	1	15,47	40,6	1,6	38,1	1,5
Указательный палец правой руки	2	15,47	40,6	1,6	38,1	1,5
Средний палец правой руки	3	15,47	40,6	1,6	38,1	1,5
Безымянный палец правой руки	4	15,47	40,6	1,6	38,1	1,5
Мизинец правой руки	5	15,47	40,6	1,6	38,1	1,5
Большой палец левой руки	6	15,47	40,6	1,6	38,1	1,5
Указательный палец левой руки	7	15,47	40,6	1,6	38,1	1,5
Средний палец левой руки	8	15,47	40,6	1,6	38,1	1,5
Безымянный палец левой руки	9	15,47	40,6	1,6	38,1	1,5
Мизинец левой руки	10	15,47	40,6	1,6	38,1	1,5
Отпечаток четырех пальцев правой руки, зарегистрированный контактным методом	13	61,95	81,3	3,2	76,2	3,0
Отпечаток четырех пальцев левой руки, зарегистрированный контактным методом	14	61,95	81,3	3,2	76,2	3,0
Отпечаток больших пальцев (2), зарегистрированный контактным методом	15	61,95	81,3	3,2	76,2	3,0

D.6 Справочная литература

Рекомендуется изучить справочную литературу для получения:

- рекомендаций по выбору пальцев и порядку их регистрации, основанных на статистических экспериментальных результатах;
- минимального размера изображения, необходимого для выполнения сравнения;
- статистической значимости регистрируемых и проверяемых показателей качества (предназначенных для корректировки последовательности регистрации, стандартов, программного обеспечения, порогов и др.).

Приложение Е
(справочное)

Спецификация сжатия черно-белых изображений отпечатков пальцев методом скалярного квантования вейвлет-коэффициентов (WSQ)

Е.1 Общие требования

Е.1.1 Общие положения

Данная спецификация применима к черно-белым цифровым изображениям отпечатков пальцев.

Данная спецификация устанавливает:

- класс кодеров для преобразования исходных данных изображения отпечатка пальца в сжатые;
- процесс декодирования для преобразования сжатых данных изображения отпечатка пальца в восстановленные;
- закодированные представления для сжатых данных изображения отпечатка пальца.

Е.1.2 Введение

Е.1.2.1 Сжатие черно-белых изображений отпечатков пальцев методом скалярного квантования вейвлет-коэффициентов (WSQ)

Метод WSQ включает в себя разложение изображения отпечатка пальца на участки, каждый из которых содержит информацию в определенной полосе частот. Разложение на полосы частот осуществляется при помощи дискретного вейвлет-преобразования (ДВП) изображения отпечатка пальца. Затем каждая полоса частот квантуется при помощи значений из таблицы квантования. В данном приложении не содержатся исходные значения для таблицы квантования.

Далее квантованные коэффициенты подвергаются процедуре кодирования по Хаффману, осуществляющей сжатие данных. Спецификация таблицы Хаффмана должна быть предоставлена кодеру.

На рисунке Е.1 представлены основные процедуры кодирования и декодирования для метода WSQ. Таблицы, предоставленные кодеру для сжатия конкретного изображения, должны быть в неизменном виде предоставлены декодеру для восстановления данного изображения.

Е.1.2.2 Структура сжатых данных

Сжатые данные изображения описываются однородной структурой и набором параметров. Разные части сжатых данных изображения обозначаются особыми двухбайтными кодами, которые называются «маркеры». Некоторые маркеры сопровождаются определенной последовательностью параметров, таких как спецификация таблицы и заголовки. Другие используются без параметров, например для таких функций, как маркирование начала и конца изображения. В случае, когда маркер связан с определенной последовательностью параметров, маркер совместно с его параметрами образуют «сегмент маркера».

Данные, созданные при помощи энтропийного кодера, также сегментируются и для изоляции сегментов энтропийно-кодированных данных используется один особый маркер — «маркер перезапуска». Кодер выводит маркеры перезапуска совместно с энтропийно-кодированными данными между границами полос частот. Маркеры перезапуска могут быть идентифицированы без необходимости в декодировании сжатых данных для их поиска. Вследствие возможности независимого декодирования, сегменты энтропийно-кодированных данных обеспечивают прогрессивную передачу и защиту от повреждения данных.

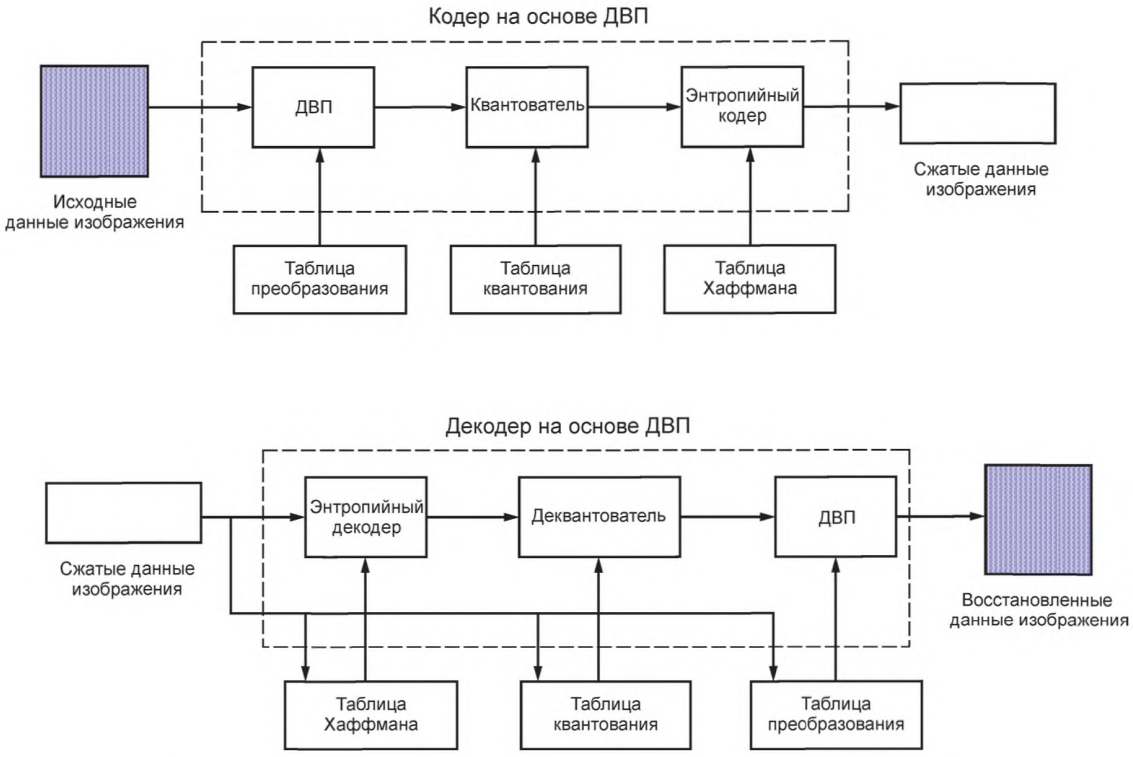


Рисунок Е.1 — Упрощенная диаграмма кодера и декодера на основе ДВП

Е.1.2.3 Формат обмена данными

В дополнение к определенным необходимым сегментам маркеров и энтропийно-кодированных сегментам, формат обмена данными должен включать в себя сегменты маркеров для всех таблиц с коэффициентами фильтра, квантования и энтропийного кодирования, которые необходимы для процесса декодирования. Их наличие гарантирует передачу сжатого изображения от одной системы к другой вне зависимости от того, каким образом каждая системная среда внутренне соотносит таблицы и сжатые данные изображения.

Е.1.2.4 Компактный формат для сжатых данных изображения

Компактный формат для сжатых данных изображения идентичен формату обмена данными за исключением того, что он не содержит всех таблиц, которые необходимы для процесса декодирования (он может содержать лишь некоторые из них). Данный формат предназначен для применения в рамках приложений, в которых доступны альтернативные механизмы передачи всех или некоторых данных таблиц, необходимых для декодирования.

Е.1.2.5 Компактный формат данных таблиц

Данный формат содержит только данные таблиц. Он представляет собой средство, при помощи которого приложение может установить в декодер таблицы, необходимые для дальнейшего восстановления одного или более изображений отпечатков пальцев.

Е.1.3 Термины и определения

В настоящем документе используются термины по ИСО/МЭК 19794-1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

Е.1.3.1 **поток битов** (bit stream): Частично кодированная или восстановленная последовательность битов, составляющих энтропийно-кодированный сегмент.

Е.1.3.2 **вставка байтов** (byte stuffing): Процедура, при которой кодер Хаффмана вставляет нулевой байт в энтропийно-кодированный сегмент после создания кодированного 0xFF байта.

Е.1.3.3 **модель кодирования** (coding model): Процедура преобразования входных данных в символы для кодирования.

Е.1.3.4 **процесс кодирования** (coding process): Общий термин для обозначения процесса кодирования, процесса декодирования или обоих процессов.

Е.1.3.5 **столбцы** (columns): Образцы, находящиеся на изображении на одной линии.

Е.1.3.6 **сжатые данные** (compressed data): Либо сжатые данные изображения, либо данные таблиц, либо и то, и другое.

Е.1.3.7 **сжатые данные изображения** (compressed image data): Кодированное представление изображения в соответствии с представлением, указанным в данной спецификации.

Е.1.3.8 **сжатие** (compression): Уменьшение числа битов, используемых для представления данных исходного изображения.

Е.1.3.9 **изображение с непрерывным тоном** (continuous-tone image): Изображение с частотой дискретизации 8 битов на пиксель.

Е.1.3.10 **декодер** (decoder): Реализация процесса декодирования.

Е.1.3.11 **процесс декодирования** (decoding process): Процесс преобразования сжатых данных изображения в изображение с непрерывным тоном.

Е.1.3.12 **деквантование** (dequantization): Процедура обратная процедуре квантования, при помощи которой декодер восстанавливает представление коэффициентов ДВП.

Е.1.3.13 **(цифровое) восстановленное изображение (данные)** [(digital) reconstructed image (data)]: Изображение с непрерывным тоном, получаемое на выходе декодера, определенного в настоящей спецификации.

Е.1.3.14 **(цифровое) исходное изображение (данные)** [(digital) source image (data)]: Изображение с непрерывным тоном, подаваемое на вход кодера, определенного в настоящей спецификации.

Е.1.3.15 **(цифровое) изображение (данные)** [(digital) image (data)]: Двумерный массив данных.

Е.1.3.16 **понижение частоты дискретизации** (downsampling): Процедура снижения пространственного разрешения изображения.

Е.1.3.17 **ДВП (дискретное вейвлет-преобразование)** [DWT (discrete wavelet transform)]: Линейное преобразование цифрового входного сигнала в набор выходных полос частот, осуществляемое при помощи набора многочастотных фильтров.

Е.1.3.18 **кодер** (encoder): Реализация процесса кодирования.

Е.1.3.19 **процесс кодирования** (encoding process): Процесс преобразования изображения с непрерывным тоном в сжатые данные изображения.

Е.1.3.20 **энтропийно-кодированный сегмент (данные)** [entropy-coded (data) segment]: Независимо декодируемая последовательность энтропийно-закодированных байтов данных сжатого изображения.

Е.1.3.21 **энтропийный декодер** (entropy decoder): Реализация процедуры энтропийного декодирования.

Е.1.3.22 **энтропийное декодирование** (entropy decoding): Процедура, которая без потерь восстанавливает последовательность символов из последовательности битов, созданных энтропийным кодером.

Е.1.3.23 **энтропийный кодер** (entropy encoder): Реализация процедуры энтропийного кодирования.

Е.1.3.24 **энтропийное кодирование** (entropy encoding): Процедура, которая без потерь преобразует последовательность входных символом в последовательность битов таким образом, что среднее число битов на символ приближается к энтропии входных символов.

Е.1.3.25 **декодер Хаффмана** (Huffman decoder): Реализация процедуры декодирования Хаффмана.

Е.1.3.26 **декодирование Хаффмана** (Huffman decoding): Процедура энтропийного декодирования, которая восстанавливает символ из каждого кода переменной длины, созданного кодером Хаффмана.

Е.1.3.27 **кодер Хаффмана** (Huffman encoder): Реализация процедуры кодирования Хаффмана.

Е.1.3.28 **кодирование Хаффмана** (Huffman encoding): Процедура энтропийного кодирования, которая приписывает каждому входному символу код переменной длины.

Е.1.3.29 **таблица Хаффмана** (Huffman table): Набор кодов переменной длины, необходимых для кодирования и декодирования Хаффмана.

Е.1.3.30 **данные изображения** (image data): Либо данные исходного изображения, либо данные восстановленного изображения.

Е.1.3.31 **формат обмена** (interchange format): Представление сжатых данных изображения для обмена между средами приложений.

Е.1.3.32 **без потерь** (lossless): Описательный термин, применяемый к процессам и процедурам кодирования и декодирования, при которых выходные данные процедуры (процедур) декодирования идентичны входным данным процедуры (процедур) кодирования.

Е.1.3.33 **маркер** (marker): Двухбайтный код, в котором первый байт содержит значение 0xFF, а второй байт содержит значение в диапазоне от 1 до 0xFE.

Е.1.3.34 **сегмент маркера** (marker segment): Маркер и связанный с ним набор параметров.

Е.1.3.35 **параметры** (parameters): Целые числа фиксированной длины 8, 16 или 32 бита, используемые в формате сжатых данных.

Е.1.3.36 **процедура** (procedure): Совокупность этапов, необходимых для выполнения задач, которые составляют процесс кодирования или декодирования.

Е.1.3.37 **прогрессивное (кодирование)** [progressive (coding)]: Разделение сегментов данных на блоки, которые могут быть последовательно переданы, чтобы таким образом позволить декодировать сжатые данные изображения при все более высоких уровнях разрешения.

Е.1.3.38 **таблица квантования** (quantization table): Совокупность значений квантования (то есть, значения ширины элементов квантования), применяемых для квантования коэффициентов ДВП в пределах полосы частот.

Е.1.3.39 **квантовать** (quantize): Акт выполнения процедуры квантования коэффициентов ДВП.

Е.1.3.40 **контрольное обратное СВП (симметричное вейвлет-преобразование)** (reference inverse SWT): Реализация обратного СВП двойной точности с плавающей точкой, установленного в Е.2.

Е.1.3.41 **контрольное СВП** (reference SWT): Реализация СВП двойной точности с плавающей точкой, установленного в Е.2.

Е.1.3.42 **интервал перезапуска** (restart interval): Число коэффициентов, обрабатываемых в виде независимой последовательности в пределах изображения.

Е.1.3.43 **маркер перезапуска** (restart marker): Маркер, разделяющий два интервала перезапуска в пределах изображения.

Е.1.3.44 **серия (длина)** [run (length)]: Число последовательных символов с одинаковым значением.

Е.1.3.45 **СВП (симметричное вейвлет-преобразование)** [SWT (symmetric wavelet transform)]: Линейное преобразование, осуществляемое посредством применения ДВП к периодическому симметричному расширению входного сигнала.

Е.1.3.46 **образец** (sample): Один элемент двумерного массива, составляющего изображение отпечатка пальца.

Е.1.3.47 **данные спецификации таблицы** (table specification data): Кодированное представление, при помощи которого генерируются таблицы, используемые в кодере и декодере.

Е.1.3.48 **увеличение разрешения** (upsampling): Процедура увеличения пространственного разрешения изображения.

Е.1.4 Требования

Е.1.4.1 Требования к формату обмена

Формат обмена представляет собой кодированное представление сжатых данных изображения для обмена между средами приложений.

Требования к формату обмена заключаются в том, что любые сжатые данные изображения, представленные в формате обмена, должны иметь синтаксическую структуру и присваиваемые коды, необходимые для осуществления процесса декодирования, в соответствии с Е.3.

Е.1.4.2 Требования к кодеру

Процесс кодирования представляет собой преобразование исходных изображений отпечатков пальцев в сжатые данные изображения. Кодер представляет собой реализацию процесса кодирования, установленного в Е.2. Чтобы соответствовать спецификации, кодер должен соответствовать, по крайней мере одному из двух перечисленных ниже требований:

- преобразовывать с соответствующей точностью исходные данные изображения отпечатка пальца в сжатые данные изображения, которые имеют синтаксическую структуру формата обмена, установленную для сжатых данных изображений в Е.3;

- преобразовывать с соответствующей точностью исходные данные изображения отпечатка пальца в сжатые данные изображения, которые имеют синтаксическую структуру компактного формата, установленную для сжатых данных изображений в Е.3.

Е.1.4.3 Требования к декодеру

Процесс декодирования представляет собой преобразование сжатых данных изображения в восстановленные. Декодер представляет собой реализацию процесса декодирования, установленного в Е.2. Чтобы соответствовать спецификации, декодер должен соответствовать всем трем перечисленным ниже требованиям:

- преобразовывать с соответствующей точностью в восстановленные данные изображения отпечатка пальца любые сжатые данные изображения с параметрами, которые имеют синтаксическую структуру формата обмена, установленную в Е.3;

- получать и надлежащим образом хранить любые данные спецификации таблиц, которые имеют синтаксическую структуру компактного формата, установленную для данных спецификации таблиц в Е.3;

- преобразовывать с соответствующей точностью в восстановленные данные изображения отпечатка пальца любые сжатые данные изображения, которые имеют синтаксическую структуру компактного формата, установленную для сжатых данных изображения в Е.3, при условии, что данные спецификации таблиц, требуемые для декодирования сжатых данных изображения, были надлежащим образом установлены на декодер.

Е.2 Математические определения

Е.2.1 Исходные изображения отпечатка пальца

Исходные изображения отпечатков пальцев должны быть зарегистрированы с точностью 8 бит на пиксель. Прежде, чем процесс кодирования вычислит дискретное вейвлет-преобразование (ДВП) для изображения, образцы $I(m,n)$ должны быть преобразованы в соответствии со следующим уравнением:

$$I^{I}(m,n) = \frac{\left[I(m,n) - M\right]}{R} \quad \begin{matrix} 0 \le m \le Y-1 \\ 0 \le n \le X-1 \end{matrix}$$

Параметры ширина (X) и высота (Y) изображения определены в Е.3.2.2. Для восстановления исходного масштаба образцов, в процессе декодирования должно применяться обратное преобразование. Параметры срединной точки (M) и изменения масштаба (R) определяются кодером и передаются в сжатые данные изображения.

Е.2.2 Многополосное кодирование изображений отпечатков пальцев

Е.2.2.1 Двухканальный многополосный кодер (в одномерном пространстве)

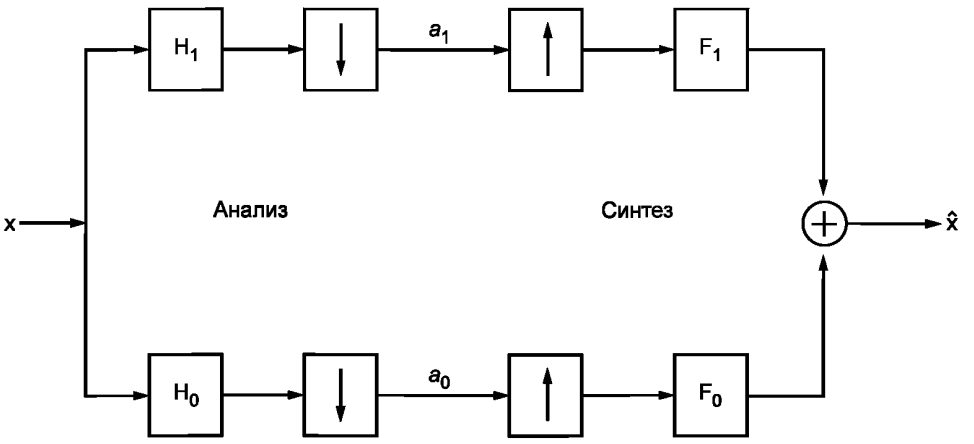


Рисунок Е.2 — Двухканальный многополосный кодер

Двухканальный многополосный кодер представляет собой набор цифровых фильтров (рисунок Е.2). Он должен рассматриваться в виде двух систем — набора для анализа сигнала и набора для синтеза сигнала. Двухканальный многополосный кодер обеспечивает нулевое искажение, $\hat{x}(n) = x(n)$. Элементы H_i и F_i обозначают линейные стационарные цифровые фильтры [10], в то время как ↓ и ↑ обозначают операции уменьшения и увеличения масштаба 2:1:

$$(x \cdot h)(k) = \sum_n x(n) h(k-n),$$

$$(\downarrow y)(k) = y(2k),$$

$$(\uparrow a)(k) = \begin{cases} a(k/2), & k \text{ четное} \\ 0, & k \text{ нечетное} \end{cases}$$

Трансформация, осуществляемая с использованием набора фильтров для анализа сигнала, $x \to \{a_0, a_1\}$, будет называться одномерной ДВП, а трансформация, осуществляемая при помощи набора фильтров для синтеза — обратным ДВП.

Е.2.2.1.1 Вейвлет-фильтры с линейной фазой

Данный стандарт использует два различных класса фильтров с линейно-фазовой конечной импульсной характеристикой (КИХ). Пусть в наборе фильтров h_0 обозначает фильтр низких частот, а h_1 — фильтр высоких частот. Первый класс содержит пары симметричных фильтров нечетной длины (то есть, фильтры, импульсные характеристики которых симметричны относительно их среднего образца). Данные фильтры называются фильтрами с линейно-фазовой конечной импульсной характеристикой «Тип I», [10], или полностью симметричные фильтры (WSS). Второй класс содержит пары фильтров четной длины, один симметричный (фильтр низких частот) и один асимметричный (фильтр высоких частот). Данные фильтры называются, соответственно, фильтры «Тип I» и «Тип IV», [10]; так как подобные фильтры симметричны относительно точки, находящейся посередине между двумя их средними образцами, в дальнейшем они будут именоваться фильтры симметричные/асимметричные наполовину (HSS/HSA или HS-типа).

Формат сжатых данных, описанный в Е.3, обеспечивает только передачу коэффициентов импульсной характеристики из правых половин фильтров для анализа сигнала; фильтры для синтеза сигнала полностью определены следующими соотношениями для устранения r_0 эффекта наложения спектров:

$$f_0(n) = (-1)^n h_1(n-1),$$
$$f_1(n) = (-1)^{n-1} h_0(n-1).$$

Что касается набора WSS фильтров для анализа сигнала, фильтр низких частот, h_0, должен быть симметричен относительно нуля, то есть h_0 охватывает диапазон от h_0, $(-r_0)$ до h_0, (r_0). Согласно синтаксической структуре, установленной в Е.3.2.4.1, длиной h_0 является L0 = $2r_0$ + 1. Таблица преобразования, установленная в Е.3.2.4.1, содержит коэффициенты импульсной характеристики из правой половины r_0:

$$H0_1 = h_0(0), H0_2 = h_0(1), \ldots, H0_{last} = h_0(t_0).$$

Левая половина h_0 представлена симметричным соотношением $h_0(-n) = h_0(n)$. Фильтр высоких частот, h_1, в наборе WSS фильтров для анализа сигнала должен быть симметричен относительно –1. Ниже представлены переданные коэффициенты:

$$H1_1 = h_1(-1), H1_2 = h_1(0), ..., H1_{last} = h_1(r_1 - 1),$$

где L1 = $2r_1$ + 1; левая половина h_1 представлена симметричным соотношением h_1 (–1 – n) = h_1 (n – 1).

Что касается набора HS фильтров для разложения сигнала, то оба фильтра должны быть центрированы с соотношением –1/2, и, таким образом, охватывать диапазон от h_i (– r_i) до h_i (r_i – 1), где длиной h_1 является Li = $2r_i$.

Ниже представлены переданные значения: (i = 0,1)

$$Hi_1 = h_i(0), Hi_2 = h_i(1), ..., Hi_{last} = h_i(r_i - 1).$$

Фильтр низких частот, h_0, является симметричным (HSS), таким образом, левая половина h_0 представлена симметричным соотношением h_0(–1 – n) = h_0(n). Фильтр высоких частот, h_1, является асимметричным (HSA), таким образом, левая половина h_1 представлена симметричным соотношением h_1(–1 – n) = –h_1(n).

Е.2.2.1.2 Ограничения на длину фильтра

Кодеры и декодеры должны быть способны образовывать (или обращать) разбиение на полосы частот (рисунок Е.6), при помощи длин фильтров со значениями ниже и включающими максимальные значения.

L_{max} = 31 для WS фильтров,

L_{max} = 32 для HS фильтров.

Е.2.2.2 Симметричные граничные условия для ДВП

Характерными входными данными, $x(n)$, в систему, показанную на рисунке Е.2, фактически являются вектор-строка или вектор-столбец изображения или одной из его ДВП полос. С целью точного описания процесса преобразования сигнала конечной длины посредством системы, изображенной на рисунке Е.2, для индексирования и экстраполяции x применяются следующие условные обозначения. Все WSQ декодеры должны быть способны декодировать сжатый сигнал, кодированный в соответствии с этими правилами. Предполагается, что x охватывает диапазон от $x(0)$ до $x(N_0 - 1)$, где N_0 является характерной длиной x.

С целью преобразования при помощи WSS фильтров x продлевается на полностью симметричный относительно всего образца сигнал, $y = E_s^{(1,1)}x$ с длиной $N = 2N_0 - 2$ и осуществляется периодизация. Что касается HS фильтров, x продлевается на симметричный (наполовину) относительно половины образца сигнал, $y = E_s^{(2,2)}x$, с длиной $N = 2N_0$ и осуществляется периодизация. В каждом из случаев фильтры продлеваются при помощи нулей на длину N и применяются посредством циклической свертки с периодом N, см. рисунок Е.3.

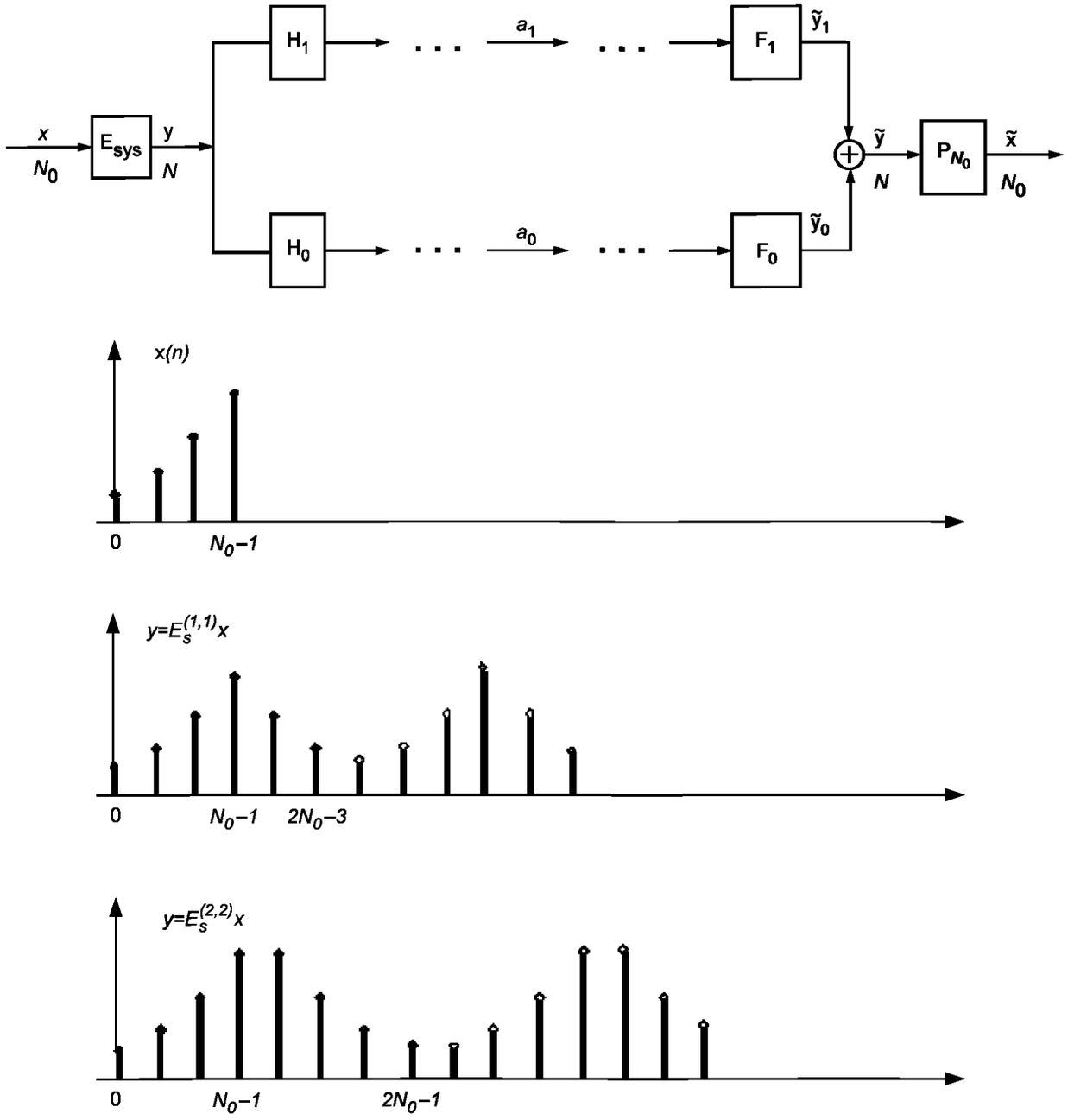


Рисунок Е.3 — Симметричное ДВП расширение

В том случае, если выбраны описанные выше симметрии фильтра и сигнала, система создает симметричные ДВП полосы частот, из которых только первая половина (обозначаемая a_i) должна быть вычислена и сохранена. Например, относительно WSS фильтров и четного N_0 только коэффициенты

$$a_i(k) = \sum_{n=0}^{N-1} y(n) h_i(2k-n)$$

должны быть вычислены и сохранены для $k = 0, ..., N_0/2 - 1$, несмотря на то, что период $b_i = \downarrow(y \cdot h_i)$ составляет $N/2 = N_0 - 1$. Это возможно вследствие того, что b_i сама по себе симметрична и может быть восстановлена при наличии первых $N_0/2$ значений, $a_i(k)$.

Последовательность a_i, созданная таким образом, может быть распространена на полностью симметричный и наполовину симметричный сигналы и каскадом проведена обратно через набор фильтров для разложения сигнала (рисунок Е.3), с целью разбиения входных данных на множество полос частот. Формирование отображений $x \xrightarrow{E_{sys}} y \xrightarrow{DWT} \{a_0, a_1\}$ будет в дальнейшем именоваться одномерным симметричным вейвлет-преобразованием (SWT) [7].

Следует отметить, что, несмотря на распространение входящего сигнала, x, SWT все еще преобразовывает входные данные длиной N_0 в две полосы частот $\{a_0, a_1\}$, содержащих в целом всего лишь N_0 значений. В том случае, если N_0 нечетное, длина a_0 составляет $(N_0 + 1)/2$, а длина a_1 составляет $(N_0 – 1)/2$ как в случае WSS или HS расширения.

Е.2.2.2.1 Синтез симметричных полос частот

В настоящем пункте описываются параметры симметрии полос частот $b_i = \downarrow (y \cdot h_i)$, и указывается число нерезервированных образцов, которые должны быть переданы,

$$a_i(k) = b_i(k);\ 0 \le k \le \rho_i - 1,$$

и устанавливаются процедуры распространения квантованных переданных коэффициентов в процессе декодирования:

$$\hat{b}_i = E_i \hat{a}_i;\ \ \hat{y}_i = f_i \cdot (\uparrow \hat{b}_i).$$

Начнем с введения терминов для описания симметричных сигналов, например таких, какие показаны на рисунке Е.3. В том случае, если сигнал с периодом N является симметричным относительно $n = 0$, то он обязательно является симметричным относительно $n = N/2$; см. $y = E_s^{(1,1)}x$ на рисунке Е.3 для $N = 2N_0 – 2$. В том случае, если N четное, то такие сигналы называются «симметричными (1,1)», так как они полностью симметричны относительно обоих центров. Аналогично, если сигнал с периодом N является симметричным относительно $–1/2$, то он обязательно является симметричным относительно $(N – 1)/2$; см. $y = E_s^{(2,2)}x$ на рисунке Е.3 для $N = 2N_0$. В том случае, если N четное, то такие сигналы называются «симметричными (2,2)», так как они наполовину симметрична относительно обоих центров. В том случае, если N нечетное, то получаем сигналы, которые полностью симметричны (WSS) относительно одного центра и наполовину симметричны (HSS) относительно второго центра; подобные сигналы называются «симметричными (1,2)», если она полностью симметрична относительно 0 и «симметричными (2,1)», если они наполовину симметричны относительно $–1/2$. Существуют очевидные асимметричные аналоги данных свойств симметрии (Вместе со свойствами симметрии также существуют свойства асимметрии).

Если дан сигнал $w(n)$, $0 \le n \le K–1$, пусть $E_s^{(i,j)}w$ (соответственно, $E_a^{(i,j)}w$) обозначает симметричное (i,j) (соответственно, асимметричное (i,j)) расширение $w(n)$, где $i, j = 1$ или 2, объединяющее два разрешения, продемонстрированных на рисунке Е.3 для $w = x$. В том случае, если полоса частот является симметричной (i,j) и

$$a(k) = b(k);\ 0 \le k \le \rho - 1$$

является полным, нерезервированным полупериодом b, то b может быть восстановлен посредством расширения $b = E_s^{(i,j)}a$. Похожее утверждение подходит и для асимметричных полос частот. Вследствие того, что симметрия b полностью определена симметрией расширения $y = E_{sys}x$ и симметрией фильтра для разложения, h, достаточно квантовать и передать лишь полупериод, a, восстанавливая b в декодере при помощи оператора с известным расширением, E. Данный метод применения набора ДВП фильтров к входному сигналу конечной длительности, x, называется алгоритмом симметричного вейвлет-преобразования (SWT), подробный способ применения метода представлен в [7].

В таблице Е.1 представлен список параметров симметрии полос частот, b, и их «категории», устанавливающие количество коэффициентов, $a(k)$, которое необходимо передать.

В данной таблице представлено два случая: один случай для набора WSS фильтров, при котором применяется расширение для разложения сигнала $y = E_s^{(1,1)}x$ («(1,1) – SWT»), а второй случай для набора HS фильтров, при котором применяется расширение для разложения сигнала $y = E_s^{(2,2)}x$ («(2,2) – SWT»). Данные наборы фильтров описаны в Е.2.2.1.1.

Таблица Е.1 — Симметрия, ранг SWT полосы частот

		Случай 1: Входная длина WSS фильтров, N_0		Случай 2: Входная длина HS фильтров, N_0	
		Четное	Нечетное	Четное	Нечетное
Фильтр		(1,2) — симметричный $\rho_0 = N_0/2$	(1,1) — симметричный $\rho_0 = (N_0 + 1)/2$	(2,2) – симметричный $\rho_0 = N_0/2$	(2,1) — симметричный $\rho_0 = (N_0 + 1)/2$
		(2,1) — симметричный $\rho_1 = N_0/2$	(2,2) — симметричный $\rho_1 = (N_0 – 1)/2$	(2,2) — антисимметричный $\rho_1 = N_0/2$	(2,1) — антисимметричный $\rho_1 = (N_0 – 1)/2$

Е.2.2.3 Двумерное вейвлет-разложение (в двумерном пространстве)

Одноуровневая структура для одного уровня системы разложения двумерного изображения показана на рисунке Е.4. Векторы-строки изображения подвергаются фильтрованию с использованием алгоритма SWT, описанного в предыдущем пункте. Аналогичная процедура далее применяется к векторам-столбцам получившегося в результате массива, в итоге имеем четыре полосы частот (рисунок Е.5). Следует отметить, что пара индексов указывает на то, какой из фильтров был применен к строкам и столбцам сигнала. Например, к строкам a_{10} был применен фильтр высоких частот, а к столбцам — фильтр низких частот, таким образом, a_{10} содержит вертикальные края. Применяемые фильтры согласно последовательным уровням каскада набора фильтров обозначаются последовательными парами двоичных индексов.

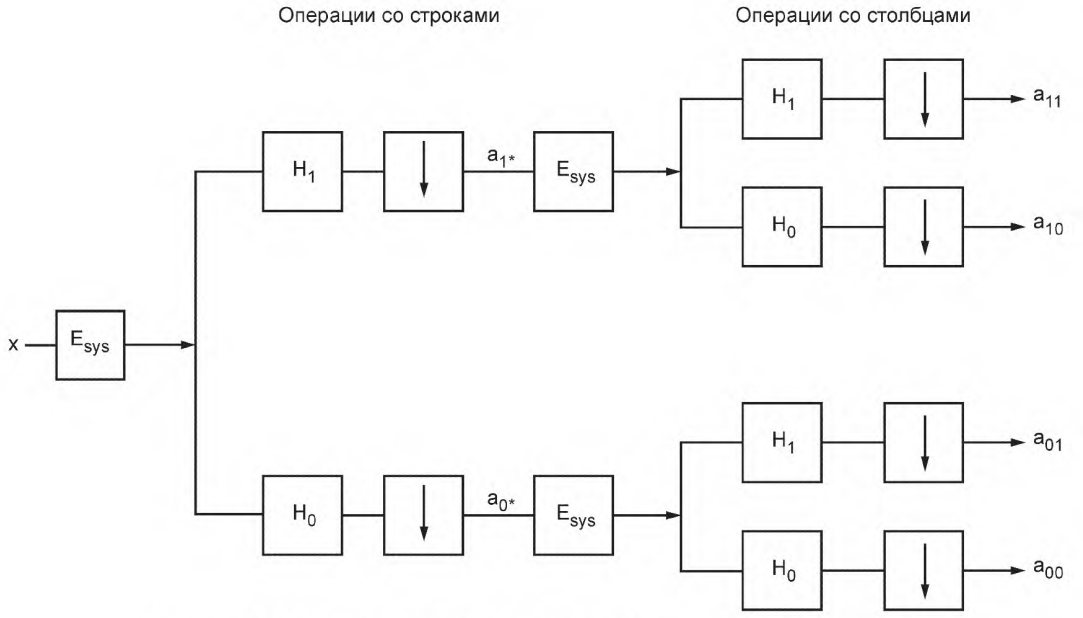


Рисунок Е.4 — Одноуровневое, двумерное разложение полосы частот

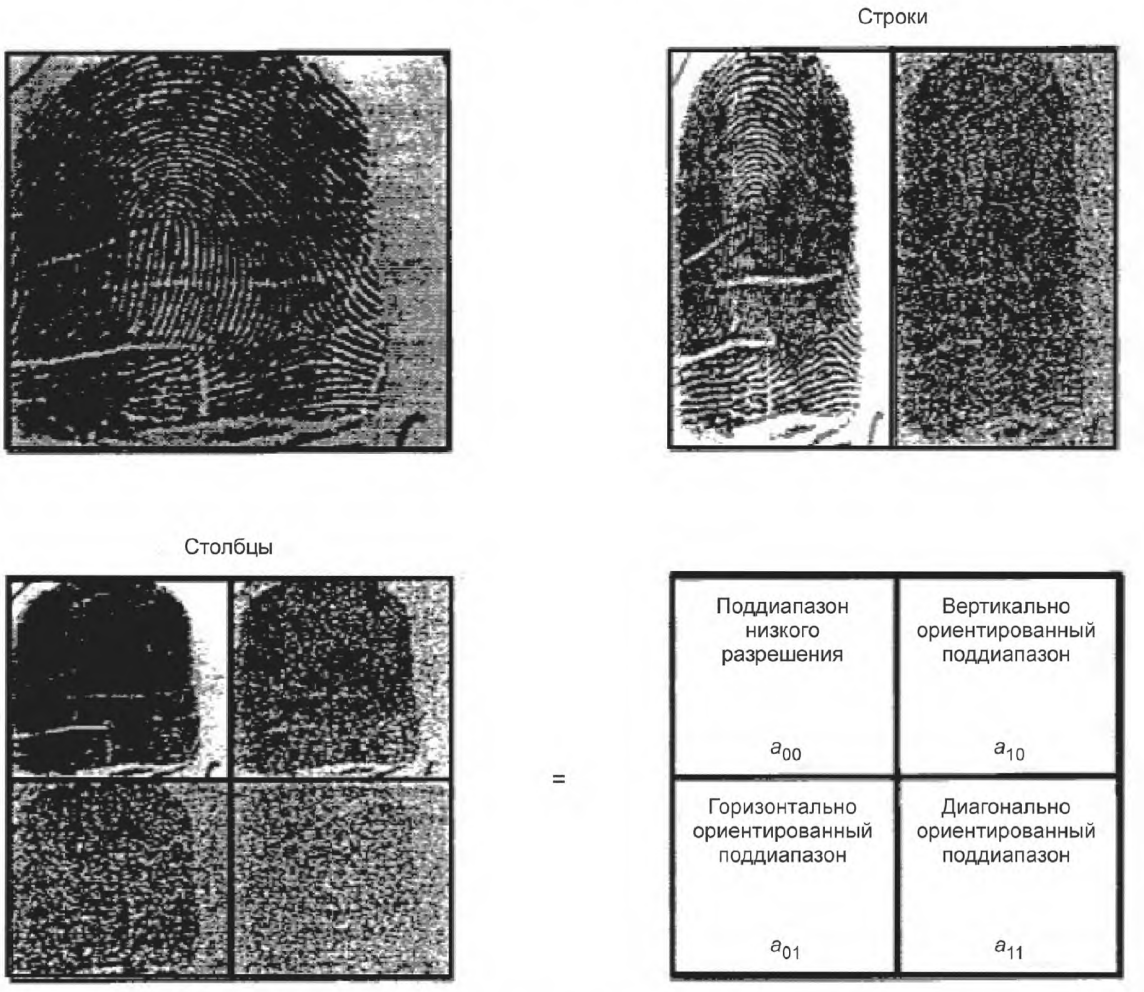
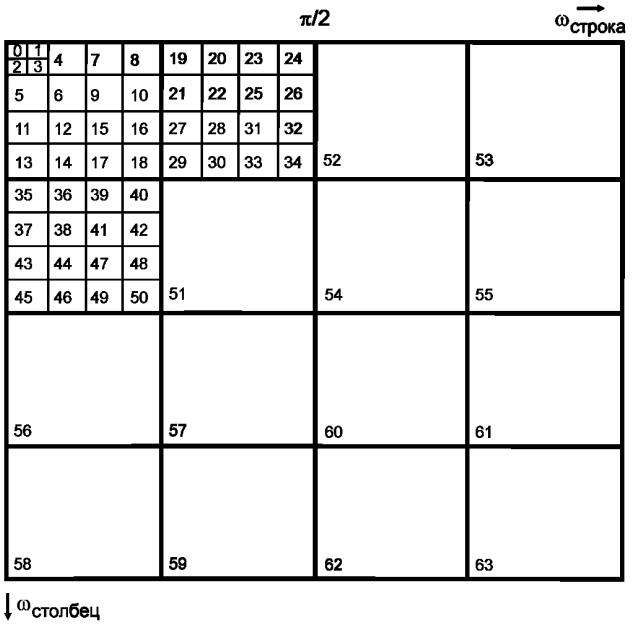


Рисунок Е.5 — Разложение на четыре полосы частот

Е.2.2.4 Структура полосы частот

После первого уровня разложения, показанного на рисунке Е.4, любая из четырех получившихся в результате полос частот может быть проведена по уровням снова через набор фильтров с целью разложения на четыре полосы частот. Данный процесс продолжается до тех пор, пока не будет получена требуемая структура полосы частот. На рисунке Е.6 представлена структура полос частот, установленная в настоящем стандарте для изображений отпечатков пальцев. В таблице показано, какой из фильтров применялся для получения каждой из полосы частот.



Работа Банка Фильтров

0	00,00,00,00,00	22	00,10,10,11	44	00,01,00,11
1	00,00,00,00,10	23	00,10,00,10	45	00,01,00,00
2	00,00,00,00,01	24	00,10,00,00	46	00,01,00,10
3	00,00,00,00,11	25	00,10,00,11	47	00,01,10,11
4	00,00,00,10	26	00,10,00,01	48	00,01,10,01
5	00,00,00,01	27	00,10,11,01	49	00,01,10,10
6	00,00,00,11	28	00,10,11,11	50	00,01,10,00
7	00,00,10,10	29	00,10,11,00	51	00,11
8	00,00,10,00	30	00,10,11,10	52	10,10
9	00,00,10,11	31	00,10,01,11	53	10,00
10	00,00,10,01	32	00,10,01,01	54	10,11
11	00,00,01,01	33	00,10,01,10	55	10,01
12	00,00,01,11	34	00,10,01,00	56	01,01
13	00,00,01,00	35	00,01,01,00	57	01,11
14	00,00,01,10	36	00,01,01,10	58	01,00
15	00,00,11,11	37	00,01,01,01	59	01,10
16	00,00,11,01	38	00,01,01,11	60	11,11
17	00,00,11,10	39	00,01,11,10	61	11,01
18	00,00,11,00	40	00,01,11,00	62	11,10
19	00,10,10,00	41	00,01,11,11	63	11,00
20	00,10,10,10	42	00,01,11,01		
21	00,10,10,01	43	00,01,00,01		

Рисунок Е.6 — Разложение полосы частот

Е.2.3 Квантование

После вычисления коэффициентов разложения на полосы частот итоговые коэффициенты каждой полосы частот единообразно квантуются. Нулевая ширина элемента квантователя и величина шага для каждой полосы частот содержатся в таблице квантования. Величина шага квантования равная 0 ($Q_k = 0$) указывает на то, что все коэффициенты в пределах полосы частот имеют значение ноль и что полоса частот не передана. К вейвлет-коэффициентам $a_k(m,n)$ полосы частот k применяется следующее уравнение:

$$p_k(m,n) = \begin{cases} \left\lfloor \dfrac{a_k(m,n) - Z_k/2}{Q_k} \right\rfloor + 1, & a_k(m,n) > Z_k/2 \\ 0, & -Z_k/2 \le a_k(m,n) \le Z_k/2 \\ \left\lceil \dfrac{a_k(m,n) + Z_k/2}{Q_k} \right\rceil - 1, & a_k(m,n) < -Z_k/2 \end{cases}$$

В работе декодера индексы деквантуются с применением следующего уравнения. Значение C устанавливает центр элементов квантования.

$$\hat{a}_k(m,n) = \begin{cases} \left(p_k(m,n) - C\right)Q_k + Z_k/2, & p_k(m,n) > 0 \\ 0, & p_k(m,n) = 0 \\ \left(p_k(m,n) + C\right)Q_k - Z_k/2, & p_k(m,n) < 0 \end{cases}$$

Z_k означает ширину центрального (нулевого) элемента квантования, а Q_k означает ширину (ненулевых) элементов квантования k-й полосы частот. Функция $\lceil x \rceil$ является наименьшим целым числом, которое больше или равно x, а $\lfloor x \rfloor$ является наибольшим целым числом, которые меньше или равно x.

Е.2.4 Энтропийное кодирование

Е.2.4.1 Последовательность данных

Пронумерованные по порядку полосы частот объединяются в блоки для энтропийного кодирования. В целях обеспечения прогрессивной передачи изображение должно быть разделено как минимум на три блока, при этом граница между первым блоком и вторым располагается между 18 и 19 полосами частот, а граница между вторым блоком и третьим располагается между 51 и 52 полосами частот. Дополнительное разбиение трех этих блоков не является обязательным. Ко всем полосам частот в блоке необходимо применять таблицу кодирования Хаффмана. В пределах полосы частот коэффициенты должны быть расположены слева направо и сверху вниз. В пределах блока полосы частот должны быть представлены в виде списка в порядке возрастания.

Е.2.4.2 Кодер Хаффмана

Кодер Хаффмана применяется для присваивания квантованным коэффициентам в пределах блока кодов переменной длины. Для нулевых серий представлены особые значения. Коэффициенты и нулевые длины серий, выходящие за пределы диапазона, представленного в таблице, внесены в кодовый поток с esc-последовательностью (переключения кода). На декодер может быть установлено максимум восемь таблиц. В таблице Е.2 в виде списка представлен полный набор символов.

Т а б л и ц а Е.2 — Входные символы таблицы Хаффмана

Позиция	Значение
1	Длина нулевой серии 1
2	Длина нулевой серии 2
3	Длина нулевой серии 3
.	
100	Длина нулевой серии 100
101	esc для положительного коэффициента (8 битов)
102	esc для отрицательного коэффициента (8 битов)
103	esc для положительного коэффициента (16 битов)
104	esc для отрицательного коэффициента (16 битов)
105	esc для нулевой серии - 8 битов
106	esc для нулевой серии - 16 битов
107	Значение коэффициента - 73
108	Значение коэффициента - 72
109	Значение коэффициента - 71
.	
180	*- Использовать только позицию 1 -*
.	
253	Значение коэффициента - 73
254	Значение коэффициента - 74

Е.3 Форматы сжатых данных

Е.3.1 Общие аспекты спецификации форматов сжатых данных

В Е.3 рассмотрено три формата сжатых данных:

1 Формат обмена, установленный в Е.3.2;

2 Компактный формат для сжатых данных, установленный в Е.3.3;

3 Компактный формат для данных спецификации таблиц, установленный в Е.3.4.

В настоящем пункте описываются составные части данных форматов. Спецификации форматов, представленные в Е.3.2—Е.3.4, устанавливают значения символов и цифр, применяемых в спецификациях форматов.

Со структурной точки зрения форматы сжатых данных состоят из упорядоченной совокупности параметров, маркеров и сегментов данных, подвергнутых энтропийному кодированию. Параметры и маркеры, в свою очередь, объединяются в сегменты с маркерами.

Вследствие того, что все составные части представлены байт-синхронизованными кодами, каждый формат сжатых данных состоит из упорядоченной последовательности 8-битных байтов. Для каждого байта определен старший разряд (СР) и младший разряд (МР).

Е.3.1.1 Составные части

В настоящем пункте представлено общее описание каждой составной части формата сжатых данных.

Е.3.1.1.1 Параметры

Параметры являются целыми числами со значениями, характерными для процесса кодирования, характеристик исходного изображения и иными характеристиками, выбираемыми в зависимости от приложения. Параметрам присваиваются 4-битные, 1-байтные или 2-байтные коды. Параметры, кроме определенных дополнительных групп параметров, кодируют важную информацию, при отсутствии которой в результате процесса декодирования не удастся точно восстановить изображение.

Присваиваемый параметру код должен быть целым числом без знака, определенной длины в битах с особым значением параметра.

Что касается параметров длиной 2 байта (16 битов), старший разряд в формате обмена должен располагаться первым. Что касается параметров с длиной 4 бита, то они всегда идут попарно, и пара должна быть закодирована одним байтом. Первый 4-битный параметр пары должен занимать 4 старших разряда байта. В любом 16-битном, 8-битном или 4-битном параметре младший разряд должен располагаться первым, а старший разряд должен располагаться последним.

E.3.1.1.2 Маркеры

Маркеры служат для идентификации различных структурных составляющих форматов сжатых данных.

Большинство маркеров запускают сегменты с маркерами, содержащими соответствующую группу параметров; некоторые маркеры располагаются отдельно. Всем маркерам присвоены двухбайтные коды: X'FF' байт, за которым следует байт не равный 0 или X'FF' (см. таблицу E.3).

Примечание — Вследствие данной особой структуры присвоения кодов маркеры позволяют декодеру проанализировать формат обмена и расположить различные его составляющие без необходимости декодировать другие сегменты данных изображения.

E.3.1.1.3 Присвоение кодов маркерам

Всем маркерам должны быть присвоены двухбайтные коды: байт X'FF', за которым следует второй байт не равный 0 или X'FF'. Второй байт для каждого определенного маркера установлен в таблице E.3. Символ * (звездочка) указывает отдельно стоящий маркер, который не запускает сегмент с маркерами.

Таблица E.3 — Присвоенные коды маркерам

Код	Маркер	Описание
X'FFA0'	SOI *	Начало изображения
X'FFA1'	EOI *	Конец изображения
X'FFA2'	SOF	Начало кадра
X'FFA3'	SOB	Начало блока
X'FFA4'	DTT	Определение таблицы преобразования
X'FFA5'	DQT	Определение таблицы квантования
X'FFA6'	DHT	Определение таблицы (таблиц) Хаффмана
X'FFA7'	DRI	Определение интервала перезапуска
X'FFB0' - X'FFB7'	RSTm*	Перезагрузка с 8 по модулю подсчета "m"
X'FFA8'	COM	Комментарий

E.3.1.1.4 Сегменты с маркерами

Сегмент с маркерами состоит из маркера, за которым следует последовательность соответствующих параметров. Первый параметр в сегменте с маркерами представляет собой параметр длины в два байта. Данный параметр длины кодирует число байтов в сегменте с маркерами, включая параметр длины и исключая двухбайтовый маркер. Сегменты с маркерами, идентифицируемые по кодам SOF и SOB маркеров, называются заголовками: заголовок кадра и заголовок блока соответственно.

E.3.1.1.5 Энтропийно-кодированные сегменты данных

Энтропийно-кодированный сегмент данных (ECS) содержит выходные данные процедуры энтропийного кодирования. Он состоит из целого числа байтов.

Примечание 1 — Представление энтропийно-кодированных сегментов данных в виде целого числа байтов достигается следующим образом: в случае необходимости для приведения сжатых данных к завершенному виду последний байт сегмента заполняется битами.

Примечание 2 — Для обеспечения отсутствия маркера в пределах энтропийно-кодированного сегмента за любым X'FF' байтом, созданным кодером Хаффмана, следует «заполняющий» нулевой байт.

E.3.1.2 Синтаксическая структура

В E.3.2 и E.3.3 установлена синтаксическая структура формата обмена. Спецификация синтаксической структуры включает в себя:

- требуемый порядок маркеров, параметров и энтропийно-кодированных сегментов;
- идентификацию дополнительных и условных составных частей;
- наименование, символ и определение каждого маркера и параметра;
- допустимые значения каждого параметра;
- любые ограничения на что-либо вышеперечисленное, характерные для различных процессов кодирования.

Порядок составных частей и обозначения, указывающие то, являются ли они дополнительными или условными, установлены рисунками синтаксических структур, представленными в Е.3.2 и Е.3.3. Наименования, символы, определения, допустимые значения и ограничения установлены непосредственно под каждым рисунком синтаксической структуры.

Е.3.1.3 Условные обозначения на рисунках синтаксических структур

Рисунки синтаксических структур, представленные в Е.3.2 и Е.3.3, являются частью спецификации формата обмена.

Следующие условные обозначения, показанные на рисунке Е.7, применимы к данным рисункам:

- индикатор параметра/маркера: в элементе не выделенном жирным находится либо маркер, либо один параметр;
- индикатор сегмента: в элементе выделенном жирным находится либо сегмент с маркерами, либо энтропийно-кодированный сегмент, либо их комбинация;
- индикатор длины параметра: ширина элемента не выделенного жирным пропорциональна длине параметра (4, 8 или 16 битов, показаны как E, B и D на рисунке Е.7 соответственно) маркера или параметра, который находится в элементе; ширина элемента выделенных жирным не имеет значения;
- индикатор того, является ли элемент дополнительным/условным: квадратные скобки указывают на то, что маркер или сегмент с маркерами в сжатых данных изображения присутствует дополнительно или условно;
- порядок: в формате обмена параметр или маркер, показанный на рисунке, предшествует всему тому, что показано справа от него и следует за всем, что показано слева от него.

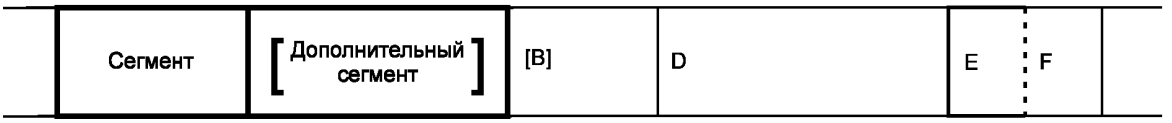


Рисунок Е.7 — Изображение синтаксической структуры условными обозначениями

Е.3.1.4 Условные обозначения для символов, длин кодов и значений

Внизу каждого рисунка для каждого маркера и параметра, представленного на рисунке, установлены символ, длина и определение.

Для символов маркеров и параметров применимы следующие условные обозначения:

- все символы маркеров состоят из трех букв верхнего регистра, а к некоторым еще добавлен нижний индекс. Например: SOI, RST_m;
- все символы параметров состоят из одной буквы верхнего регистра, а к некоторым еще добавляется буква нижнего регистра, также к некоторым добавляется нижний индекс. Например: Y, N_f, Q_k.

Е.3.2 Общая синтаксическая структура

В настоящем пункте устанавливается синтаксическая структура формата обмена, применимая ко всем процессам кодирования, установленным в настоящей спецификации.

Е.3.2.1 Синтаксическая структура высшего уровня

На рисунке Е.8 представлен порядок составных частей формата обмена высшего уровня.

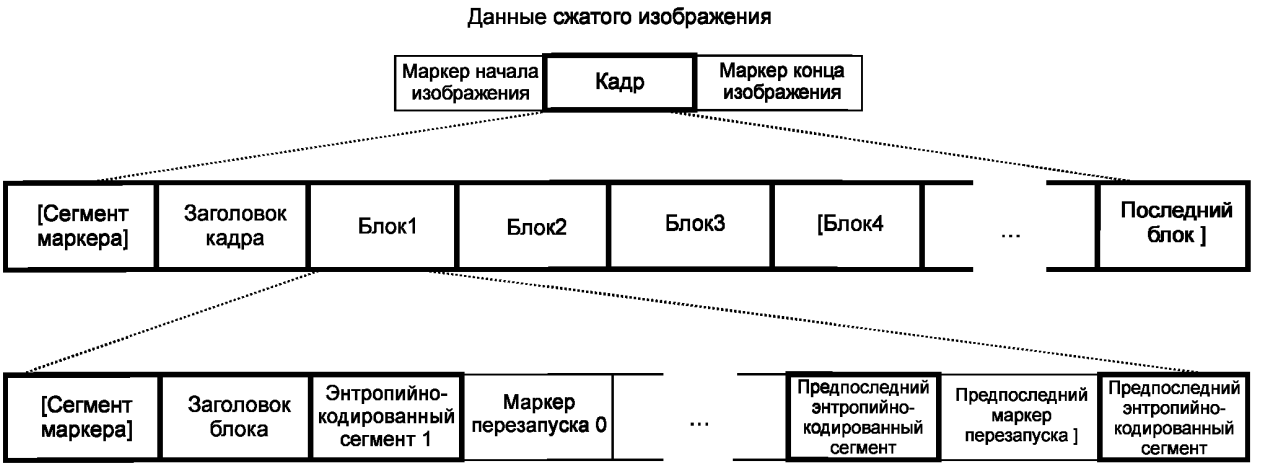


Рисунок Е.8 — Синтаксическая структура высшего уровня

Маркеры, представленные на рисунке Е.8:

- **SOI**: маркер начала изображения: отмечает начало сжатого изображения, представленного в формате обмена.

- **EOI**: маркер конца изображения: отмечает конец сжатого изображения, представленного в формате обмена.

- **RST_m**: маркер перезапуска: дополнительный маркер, располагаемый между энтропийно-кодированными сегментами только в том случае, если перезапуск возможен. Существует 8 уникальных маркеров перезапуска (m = 0 – 7), повторяющихся последовательно от 0 до 7 в целях обеспечения интервала перезапуска по модулю 8.

Верхний уровень на рисунке Е.8 устанавливает то, что формат обмена должен начинаться с маркера SOI, должен содержать один кадр и должен заканчиваться маркером EOI.

Второй уровень на рисунке Е.8 устанавливает то, что кадр должен начинаться с заголовка кадра и должен содержать один или несколько блоков. Заголовок кадра может располагаться после одной или нескольких спецификаций таблиц или различных сегментов с маркерами.

Третий уровень на рисунке Е.8 устанавливает то, что блок должен начинаться с заголовка блока и должен содержать один или более энтропийно-кодированных сегментов данных. Каждый заголовок блока может располагаться после одной или нескольких спецификации таблиц или различных сегментов с маркерами. В том случае, если перезапуск невозможен, то в наличии должен быть только один энтропийно-кодированный сегмент (тот, что отмечен как «последний») и не должно присутствовать никаких маркеров перезапуска. В том случае, если перезапуск возможен, число энтропийно-кодированных сегментов определяется размером изображения и установленным интервалом перезапуска. В данном случае, маркер перезапуска должен следовать за каждым энтропийно-кодированным сегментом, кроме последнего.

На рисунке Е.8 предусмотрены места, на которых могут присутствовать сегменты спецификации таблицы. Однако в настоящей спецификации установлено, что формат обмена должен содержать все необходимые для декодирования сжатого изображения данные спецификации таблицы. Следовательно, требуемые данные спецификации таблицы должны присутствовать в одном или нескольких допустимых местах.

Е.3.2.2 Синтаксическая структура заголовка кадра

На рисунке Е.9 представлен заголовок кадра, который должен присутствовать в начале кадра. Данный заголовок устанавливает характеристики исходного изображения и версию кодера.

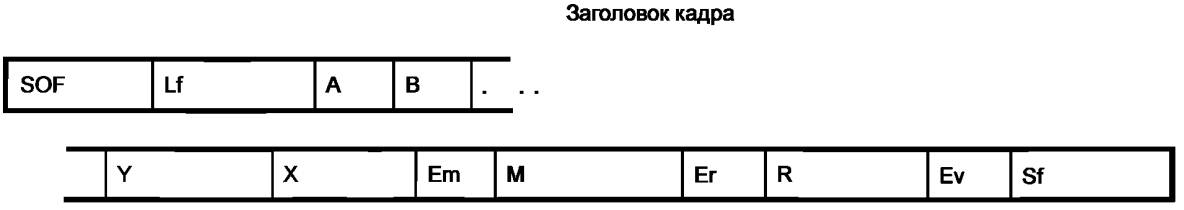


Рисунок Е.9 — Синтаксическая структура заголовка кадра

Маркеры и параметры, представленные на рисунке Е.9:

- **SOF**: (16 битов) маркер начала кадра; отмечает начало параметров кадра;
- **Lf**: (16 битов) длина заголовка кадра; устанавливает длину заголовка кадра, представленного на рисунке Е.9;
- **A**: (8 битов) значение калибровки по черному образцу у биометрического сканера;
- **B**: (8 битов) значение калибровки по белому образцу у биометрического сканера; A и B устанавливают динамический диапазон биометрического сканера при калибровке, используемый в системах отображения данных;
- **Y**: (16 битов) число линий; устанавливает число линий в исходном изображении;
- **X**: (16 битов) число образцов на одну линию; устанавливает число образцов на одну линию в исходном изображении;
- **Em**: (8 битов) экспонента масштабирования; запятая в десятичном числе в **M**, передвигается влево согласно Em (на Em позиций);
- **M**: (16 битов) значение расположения для параметров преобразования изображения;
- **Er**: (8 битов) экспонента масштабирования; запятая в десятичном числе в **R**, передвигается влево согласно Er (на Er позиций);
- **R**: (16 битов) значение масштаба для параметров преобразования изображения;
- **Ev**: (8 битов) устанавливает алгоритм WSQ кодера (параметризация), примененный к данному изображению (2 – 0x02 для кодера номер два);
- **Sf**: (16 битов) устанавливает реализацию программного обеспечения, при помощи которого осуществлялось кодирование изображения.

Е.3.2.3 Синтаксическая структура заголовка блока

На рисунке Е.10 представлен заголовок блока, который должен присутствовать в начале сегмента с блоками. Данный заголовок устанавливает выбор таблицы кодирования Хаффмана, применяемой ко всем полосам частот в блоке.

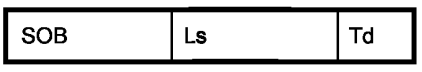


Рисунок Е.10 — Синтаксическая структура заголовка блока

Маркер и параметры, представленные на рисунке Е.10:

- **SOB**: (16 битов) маркер начала блока; отмечает начало заголовка блока;

- **Ls**: (16 битов) длина заголовка полосы частот; устанавливает длину заголовка блока, представленного на рисунке Е.10;

- **Td**: (8 битов) селектор таблицы кодирования Хаффмана; выбирает одну из восьми таблиц энтропийного кодирования, необходимую для декодирования полосы частот в пределах сегмента.

Е.3.2.4 Спецификация таблицы и синтаксическая структура разных сегментов с маркерами

На рисунке Е.11 представлена синтаксическая структура табличных/разных сегментов с маркерами. Любые сегменты спецификации таблицы или различные сегменты с маркерами, установленные в Е.3.2.4.1 — Е.3.2.4.5, могут присутствовать в любом порядке и без ограничений на число сегментов.

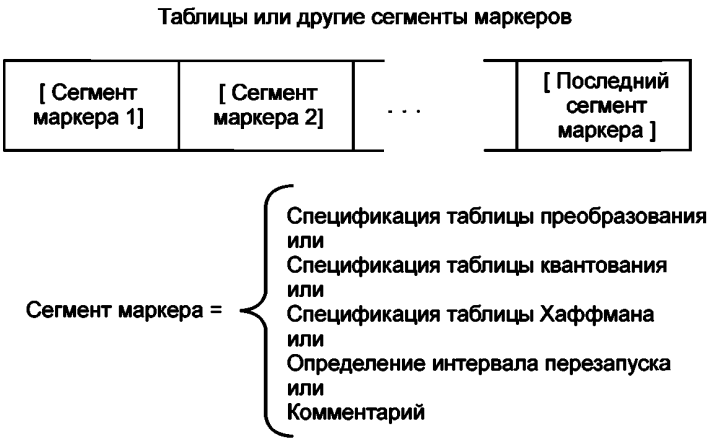


Рисунок Е.11 — Синтаксическая структура табличных/разных сегментов с маркерами

В случае появления в сжатых данных изображения любых спецификаций таблиц, они должны заменить предыдущие спецификации и должны применяться всякий раз как таблицы потребуются для оставшихся в кадре изображений. В том случае, если спецификация для заданной таблицы в сжатых данных изображения появляется больше одного раза, то каждая новая спецификация должна заменять предыдущую спецификацию.

Е.3.2.4.1 Спецификация таблицы преобразования

На рисунке Е.12 представлен сегмент с маркером, определяющий спецификацию таблицы преобразования.

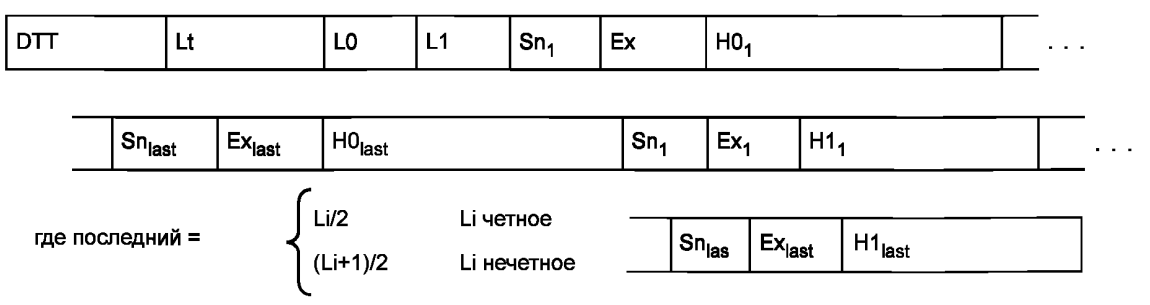


Рисунок Е.12 — Синтаксическая структура таблицы преобразования

Маркеры и параметры, представленные на рисунке Е.12:

- **DTT**: (16 битов) маркер определения таблицы преобразования; отмечает начало параметров спецификации таблицы преобразования;

- **Lt**: (16 битов) длина определения таблицы преобразования; устанавливает длину всех параметров таблицы преобразования, представленных на рисунке Е.12;

- **L0**: (8 битов) число коэффициентов фильтров низких частот для разложения сигнала (длина h_0);

- **L1**: (8 битов) число коэффициентов фильтров высоких частот для разложения сигнала (длина h_1);

- **Sn_k**: (8 битов) знак коэффициента *k*-ого фильтра; нулевое значение — положительное, ненулевое значение — отрицательное;

- **Ex_k**: (8 битов) экспонента масштабирования; запятая в десятичном числе коэффициента *k*-го фильтра, передвигается влево согласно Ex (на Ex позиций);

- **$H0_k$**: (32 бита) элемент фильтра низких частот для разложения сигнала; устанавливает коэффициенты фильтра низких частот для дискретного вейвлет-преобразования, начиная с центра фильтра ($H0_1$);

- $H1_k$: (32 бита) элемент фильтра высоких частот для разложения сигнала; устанавливает коэффициенты фильтра высоких частот для дискретного вейвлет-преобразования, начиная с центра фильтра ($H1_1$).

Е.3.2.4.2 Синтаксическая структура спецификации таблицы квантования

На рисунке Е.13 представлен сегмент с маркерами, определяющий спецификацию таблицы квантования.

Рисунок Е.13 — Синтаксическая структура спецификации таблицы квантования

Маркеры и параметры, представленные на рисунке Е.13:

- **DQT**: (16 битов) маркер определения таблицы квантования; отмечает начало параметров спецификации таблицы квантования;
- **Lq**: (16 битов) длина определения таблицы квантования; устанавливает длину всех параметров таблицы квантования, представленных на рисунке Е.13;
- **Ec**: (8 битов) экспонента масштабирования; запятая в десятичном числе в C, передвигается влево согласно Ec (на Ec позиций);
- **C**: (16 битов) параметр центра элемента квантования;
- **Eq_k**: (8 битов) экспонента масштабирования; запятая в десятичном числе *k*-го элемента таблицы квантования влево согласно Eq (на Eq позиций);
- **Q_k**: (16 битов) элемент таблицы квантования; устанавливает размер элемента квантования для *k*-й полосы частот;
- **Ez_k**: (8 битов) экспонента масштабирования; запятая в десятичном числе *k*-го нулевого элемента таблицы квантования, передвигается влево согласно Ez (на Ez позиций);
- **Z_k**: (16 битов) нулевой элемент (канал) таблицы; устанавливает размер центрального элемента для *k*-й полосы частот.

Элементы таблицы квантования должны быть установлены согласно порядку полос частот (рисунок Е.13). Начиная с того момента, как таблица квантования определена, она может быть применена к последующим изображениям. В том случае, если таблица никогда не была определена, то результаты не могут быть предсказаны.

Е.3.2.4.3 Синтаксическая структура спецификации таблицы Хаффмана

На рисунке Е.14 представлен сегмент с маркерами, определяющий одну или несколько спецификаций таблиц Хаффмана.

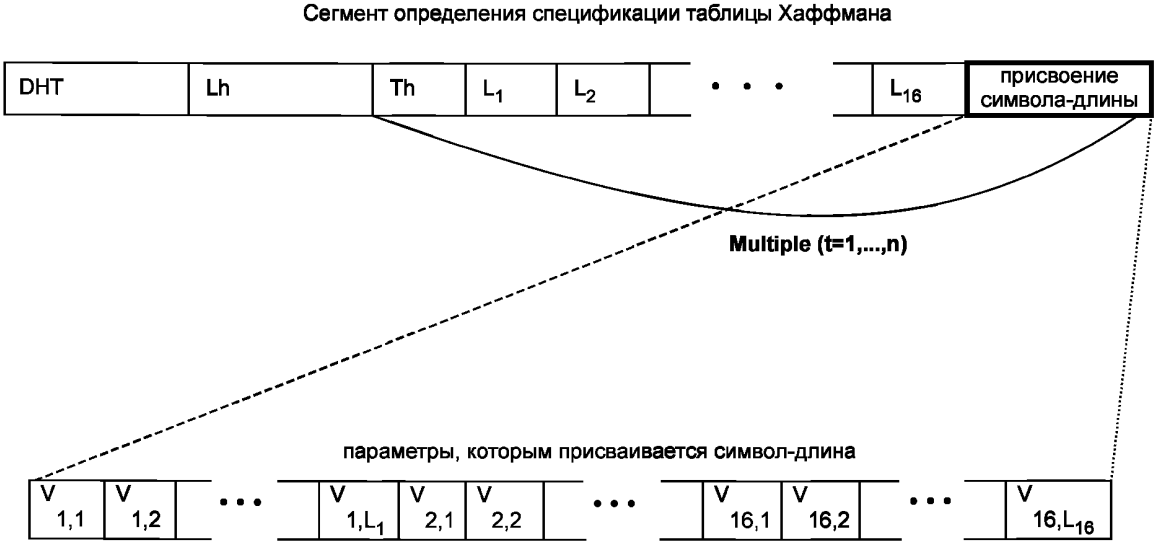


Рисунок Е.14 — Синтаксическая структура спецификации таблицы Хаффмана

Маркеры и параметры, представленные на рисунке Е.14:

- **DHT**: (16 битов) маркер определения таблицы Хаффмана; отмечает начало параметров определения таблицы Хаффмана;

- **Lh**: (16 битов) длина определения таблицы Хаффмана; устанавливает длину всех параметров таблицы Хаффмана, представленных на рисунке Е.14;

- **Th**: (8 битов) идентификатор таблицы Хаффмана; устанавливает одно или несколько позиций в декодере, куда должна быть установлена таблица Хаффмана;

- L_i: (8 битов) число кодов Хаффмана с длиной i; число кодов Хаффмана для каждой из 16 возможных значений длины, допустимых в настоящей спецификации. Значения L_i представляют собой элементы списка BITS;

- V_{ij}: (8 битов) значение, связанное с каждым кодом Хаффмана; устанавливает для каждой I значение, связанное с каждым кодом Хаффмана с длиной i. Смысловое содержание каждого значения определено моделью кодирования Хаффмана. Значения V_{ij} являются элементами списка HUFFVAL;

Значение *n* на рисунке Е.14 — число таблиц Хаффмана, установленных в сегменте с DHT маркером. Значение m_t — число параметров, следующих за 16 параметрами L_i (t) для *t* таблиц Хаффмана, определяется как:

$$m_t = \sum_{i=1}^{16} L_i(t).$$

Для каждой отдельной таблицы значение m_t разное.

Начиная с того момента, как таблица квантования определена, она может быть применена к последующим изображениям. В том случае, если таблица никогда не была определена, то результаты не могут быть предсказаны.

Е.3.2.4.4 Синтаксическая структура определения интервала перезапуска

На рисунке Е.15 представлен сегмент с маркерами, определяющий сегмент с интервалами перезапуска.

DRI	Lr	Ri

Рисунок Е.15 — Сегмент интервала перезапуска

Маркеры и параметры, представленные на рисунке Е.15:

- **DRI**: (16 битов) маркер определения интервала перезапуска; отмечает начало параметров, определяющих интервал перезапуска;

- **Lr**: (16 битов) длина сегмента определения интервала перезапуска; устанавливает длину параметров в сегменте DRI;

- **Ri**: (16 битов) интервал перезапуска; устанавливает число коэффициентов в интервале перезапуска.

Маркер SOI отменяет интервалы перезапуска. Сегмент с маркером DRI с ненулевым Ri должен присутствовать для запуска обработки интервала перезапуска для последующих полос частот. Сегмент с маркером DRI с Ri равным нулю отменяет интервалы перезапуска для последующих полос частот.

Е.3.2.4.5 Синтаксическая структура комментария

На рисунке Е.16 представлена структура сегмента с маркером для сегмента с комментарием.

COM	Lc	Cm_1	••	Cm_{Lc-2}

Рисунок Е.16 — Синтаксическая структура комментария

Маркеры и параметры, представленные на рисунке Е.15:

- **COM**: (16 битов) маркер комментария; отмечает начало комментария.

- **Lc**: (16 битов) длина сегмента комментария; устанавливает длину сегмента комментария, представленного на рисунке Е.16.

- **Cm_j**: (8 битов) байт комментария; интерпретация предоставлена приложению.

Е.3.3 Компактный формат сжатых данных изображения

На рисунке Е.7 представлены составные части формата обмена высшего уровня. Данный формат включает в себя все требуемые для декодирования спецификации таблицы. Любые сжатые данные изображения, среди которых отсутствуют какие-либо данные спецификации таблицы, должны быть представлены в компактном формате.

Е.3.4 Компактный формат данных спецификации таблицы

На рисунке Е.7 показаны составные части формата обмена высшего уровня. В том случае, если в сжатых данных изображения имеются блоки, то единственным назначением сжатых данных изображения является передача спецификации таблицы или различных сегментов с маркерами, определенными в Е.3.2.4.1 — Е.3.2.4.5. В данном случае данные спецификации таблицы в сжатых данных изображения представлены в компактном формате, как показано на рисунке Е.17.

Рисунок Е.17 — Синтаксическая структура компактного формата данных спецификации таблицы

Е.4 Спецификация таблицы Хаффмана

Е.4.1 Общие положения

Таблицы Хаффмана установлены в формате обмена в выражениях списка из 16 байтов (BITS), предоставляющего число кодов для каждой длины кода от 1 до 16. Далее следует список 8-битных значений символов (HUFFVAL), каждому из которых присвоен код Хаффмана. Значения символов расположены в списке в порядке возрастания длины коды. Длина кода больше 16 битов не допускаются. В дополнение, коды должны быть сгенерированы таким образом, что однобитное кодовое слово любой длины резервируется в качестве префикса для более длинных кодовых слов.

Примечание — Порядок значений символов в пределах HUFFVAL определяется только длиной кода. В пределах представленной длины кода порядок значений символов произволен. В настоящем пункте устанавливаются процедуры, при помощи которых таблица Хаффмана (кодовые слова Хаффмана и соответствующие 8-битные значения символов) берутся из двух списков (BITS и HUFFVAL) в формате обмена. Однако метод создания данных списков не установлен. Списки должны создаваться в соответствии с правилами кодирования Хаффмана, и при этом должны учитываться ограничения, описанные в предыдущем параграфе.

Е.4.2 Сегменты с маркерами для спецификации таблицы Хаффмана

ОТХ маркер указывает начало определений таблицы Хаффмана в пределах сжатых данных изображения. В Е.3.2.4.2 устанавливается синтаксическая структура спецификации таблицы Хаффмана.

Е.4.3 Преобразование таблиц Хаффмана, установленных в формате обмена в таблицы кодов и длин кодов

При наличии списка BITS (1..16), содержащего число кодов каждого размера и списка HUFFVAL, содержащего значения символов, связанных с данными кодами, как указано выше, может быть создано две таблицы. Таблица HUFFSIZE содержит список длин кодов; таблица HUFFCODE содержит коды Хаффмана, соответствующие данным длинам.

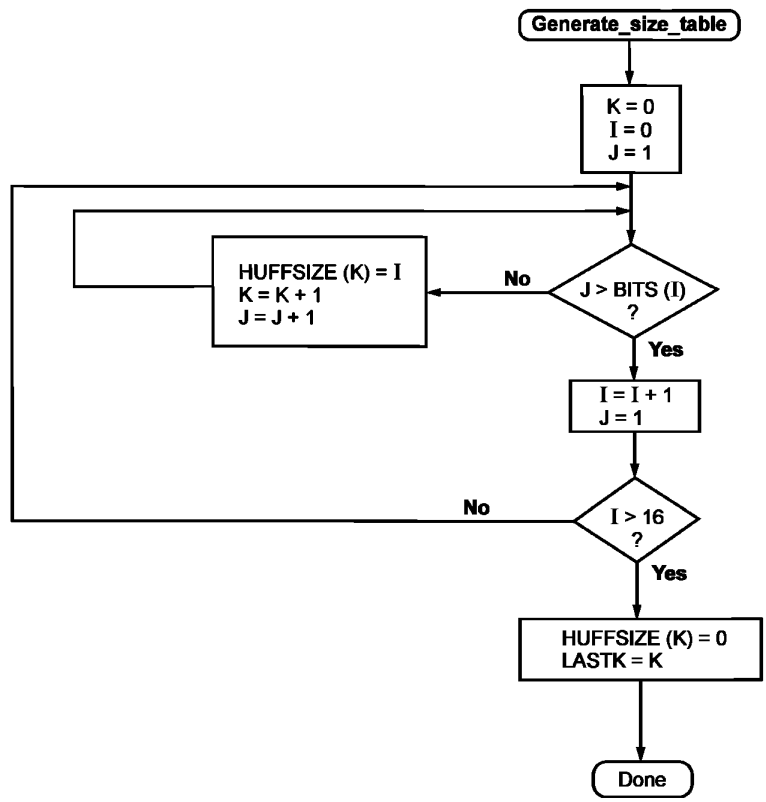


Рисунок Е.18 — Создание таблицы размеров кодов Хаффмана

Следует отметить, что переменной LASTK задается индекс последней записи в таблице. Таблица кодов Хаффмана, HUFFCODE, содержащая код для каждого размера в таблице HUFFSIZE, создается при помощи процедуры, представленной на рисунке Е.19.

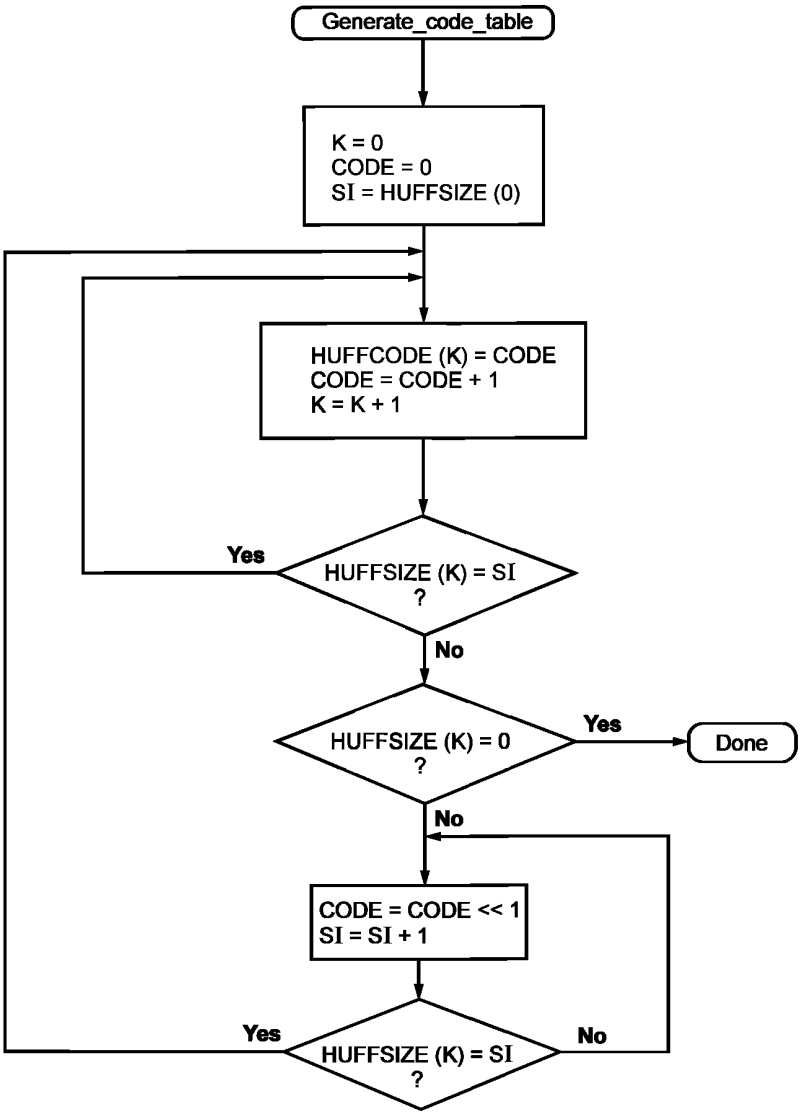


Рисунок Е.19 — Создание таблицы кодов Хаффмана

С этого момента таблицы HUFFCODE и HUSSSIZE инициализированы. Записи в таблицах упорядочены в соответствии с возрастанием численного значения и длины кодов Хаффмана. Таблица кодов для процедуры кодирования EHUFCO и EHUFSI создаются посредством изменения порядка кодов, установленных таблицами HUFFCODE и HUFFSIZE в соответствии со значениями символов, присвоенными каждому коду в таблицы HUFFVAL. На рисунке Е.20 представлена данная процедура упорядочения.

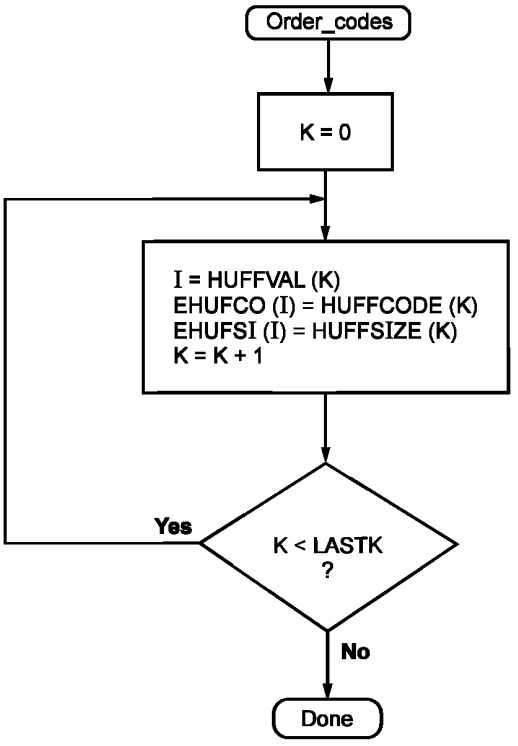


Рисунок Е.20 — Процедура упорядочения для таблиц кодов процедуры кодирования

Е.4.4 Порядок следования битов в байтах

Корень кода Хаффмана располагается в направлении наиболее значимого бита байта, а последующие биты располагаются в направлении от наиболее значимого бита к наименее значимому биту байта. Оставшиеся биты, если имеются, перемещаются в следующий байт согласно этим же правилам.

Е.5 Типичные значения таблицы параметров

Е.5.1 Нормализация исходного изображения

Следующее исходное изображение $I(m,n)$ должно быть нормализовано в соответствии со спецификацией, представленной в Е.2.1,

$$I'(m,n) = \frac{I(m,n) - M}{R},$$

где M среднее значение по изображению и $R = \frac{1}{128}\max(I_{max} - M,\ M - I_{min})$.

I_{min} и I_{max} являются, минимальным и максимальным значениями пикселей соответственно, на изображении $I(m,n)$.

Е.5.2 Таблица преобразования

В следующей таблице содержатся коэффициенты импульсной характеристики для фильтров разложения сигнала: набор WS фильтров, применяемый к расширению сигнала WSS, $y = E_s^{(1,1)}x$ при помощи алгоритма СВП, описанного в Е.2. Фильтры для синтеза сигнала f_0 и f_1 определяются соотношениями для устранения эффекта наложения частот, представленных в Е.2.

Таблица Е.4 — Вейвлет-фильтры разложения сигнала

Элемент	Точное значение	Приблизительное значение
$h_0(0)$	$-5\sqrt{2}x_1\left(48\lvert x_2\rvert^2 - 16Rx_2 + 3\right)/32$	0,85269867900940
$h_0(\pm 1)$	$-5\sqrt{2}x_1\left(8\lvert x_2\rvert^2 - Rx_2\right)/8$	0,37740285561265

Окончание таблицы Е.4

Элемент	Точное значение	Приблизительное значение
$h_0(\pm 2)$	$-5\sqrt{2}x_1\left(4\lvert x_2\rvert^2 + 4Rx_2 - 1\right)/16$	–0,11062440441842
$h_0(\pm 3)$	$-5\sqrt{2}x_1(Rx_2)/8$	–0,023849465019380
$h_0(\pm 4)$	$-5\sqrt{2}x_1/64$	0,037828455506995
$h_1(-1)$	$\sqrt{2}(6x_1 - 1)/16x_1$	0,78848561640566
$h_1(-2,0)$	$-\sqrt{2}(16x_1 - 1)/64x_1$	–0,41809227322221
$h_1(-3,1)$	$\sqrt{2}(2x_1 + 1)/32x_1$	–0,040689417609558
$h_1(-4,2)$	$\sqrt{2}/64x_1$	0,064538882628938

где $x_1 = A + B - 1/6$,

$x_2 = -(A+B)/2 - 1/6 + i\sqrt{3}(A-B)/2$,

$$A = \left(\frac{-14\sqrt{15}+63}{1080\sqrt{15}}\right)^{1/3},$$

$$B = \left(\frac{-14\sqrt{15}-63}{1080\sqrt{15}}\right)^{1/3}.$$

Е.5.3 Адаптивное квантование выходных данных ДВП

В настоящем пункте определены параметры Q_k, Z_k и C из Е.2.3 для WSQ кодера номер один. Параметру выходного уровня деквантования C применяющемуся в декодере, должно быть задано значение $C = 0,44$.

Значения ширины элементов Q_k и Z_k определяются исходя из отклонений ДВП полосы частот следующим образом.

Е.5.3.1 Вычисление отклонения полосы частот

Вычисление отклонения полосы частот осуществляется на основе либо оценки подобласти или всей области каждой ДВП полосы частот. Решение о том, на основе какой области осуществлять оценку зависит от суммы оценок отклонения подобластей в ДВП полосах частот 0—3. В том случае, если $\sum_{k=0}^{3}\sigma_k^2 > 20,000$, то оценка отклонения основана на подобласти каждой ДВП полосы частот, в противном случае для вычисления применялась вся область каждой ДВП полосы частот.

Что касается оценки отклонения, основанной на подобласти каждого ДВП, пусть $a_k(m,n)$ означает массив с плавающей точкой с шириной X_k и высотой Y_k, составляющий k-ю полосу частот, индексированный как $0 \le m < Y_k$ и $0 \le n < X_k$, где (0,0) относится к верхнему левому углу полосы частот. Ширина и высота подобласти, используемой для оценки отклонения, соответственно,

$$X'_k = \left\lfloor \frac{3X_k}{4} \right\rfloor \text{ и } Y'_k = \left\lfloor \frac{7Y_k}{16} \right\rfloor$$

или для вычисления отклонения по всей области каждого ДВП ширина и высота:

$$X'_k = X_k \text{ и } Y'_k = Y_k.$$

Отклонение должно вычисляться при помощи несмещенной оценки:

$$\sigma_k^2 = \frac{1}{X'_k Y'_k - 1}\sum_{n=x_{0,k}}^{x_{1,k}}\sum_{m=y_{0,k}}^{y_{1,k}}\left(a_k(m,n) - \mu_k\right)^2,$$

где μ_k означает среднее значение a_k.

Горизонтальные и вертикальные смещения для подобластей ($x_{i,j}$ и $y_{i,j}$ соответственно), относящихся к верхнему левому углу:

$$x_{0,k} = \left\lfloor \frac{X_k}{8} \right\rfloor,$$

$$x_{1,k} = x_{0,k} + X'_k - 1,$$

$$y_{0,k} = \left\lfloor \frac{9Y_k}{32} \right\rfloor,$$

$$y_{1,k} = y_{0,k} + Y'_k - 1.$$

Горизонтальные и вертикальные смещения для всей области ($x_{i,j}$ и $y_{i,j}$ соответственно), относящейся к верхнему левому углу:

$$x_{0,k} = 0,$$
$$x_{1,k} = X_k - 1,$$
$$y_{0,k} = 0,$$
$$y_{1,k} = Y_k - 1.$$

Е.5.3.2 Вычисление ширины элемента

Формула для соответствующих значений ширины элементов Q'_k, используемая кодером номер один:

$$Q'_k = qQ_k = \begin{cases} 1 & k = 0 - 3 \\ 10 \Big/ \left(A_k \log_e \left(\sigma_k^2 \right) \right) & k = 4 - 59 \quad \text{и} \quad \sigma_k^2 \geq 1{,}01 \\ 0 & k = 60 - 63 \quad \text{или} \quad \sigma_k^2 < 1{,}01 \end{cases} \qquad A_k = \begin{cases} 1{,}32 & k = 52{,}56 \\ 1{,}08 & k = 53{,}58 \\ 1{,}42 & k = 54{,}57 \\ 1{,}08 & k = 55{,}59 \\ 1{,}00 & \text{в других случаях} \end{cases}.$$

Коэффициент пропорциональности q отвечает за абсолютную ширину элемента Q_k и общий уровень сжатия. Нулевая ширина элемента должна вычисляться исходя из Q_k по формуле $Z_k = 1{,}2Q_k$.

Далее устанавливается процедура вычисления параметра q, обуславливающего ширину элемента Q_k. В случае k-й ДВП полосы частот пусть σ_k^2 означает оценку отклонения полосы частот, вычисленную согласно представленной выше спецификации. Пусть m_k представляет собой показатель понижения масштаба, определенный как отношение размера изображения и размера полосы частот; например, $m_{63} = 16$ и $m_4 = 256$. Скорость передачи данных в битах, приписываемая k-й ДВП полосы частот обозначена как r_k, а r является намеченной общей скоростью передачи данных в битах, налагающий ограничение на скорости передачи данных в битах полос частот посредством следующего уравнения

$$r = \sum_k \frac{r_k}{m_k}.$$

Согласно объяснению, представленному в Е2.3, стандарт позволяет декодеру опускать некоторые полосы частот и передавать нулевую ширину элемента ($Q_k = 0$), указывая то, что в случае с полосой частот k сжатые данные изображения не передаются. Например, это происходит в случае $60 \leq k \leq 63$ в кодере номер один, это также происходит по принципу изображение-за-изображением в случае других полос частот, если кодер определил, в какой-то полосе частот содержится так мало данных, что его можно полностью опустить. Для отслеживания расположения битов в полосах частот пусть K обозначает совокупность всех полос частот с положительными скоростями передачи данных (особенность для кодера номер один $K \subset \{0,1,...,59\}$). S — доля ДВП коэффициентов, закодированных при положительной скорости передачи данных, где

$$S = \sum_{k \in K} \frac{1}{m_k}.$$

В целях установления взаимосвязи скоростей передачи данных и значений ширины элементов квантователя необходимо в каждой полосе частот придать данным вид находящихся в некотором интервале конечной протяженности, в частности, содержащихся в пределах интервала, охватывающего 5 стандартных отклонений. Данное допущение в целом может быть непригодным, но мы не допускаем избыточного отклонения благодаря резко отклоняющимся значениям, потому что резко отклоняющиеся значения кодируются с использованием esc-последовательностей модели кодирования Хаффмана. Вследствие этого, в интересах программной структуры квантователя, допускаем, что данные находятся в интервале $\left[\mu_k - \gamma\sigma_k, \mu_k + \gamma\sigma_k \right]$; это означает, что

$$Q_k = \frac{2\gamma\sigma_k}{L_k},$$

где L_k является числом битов в квантователе, а значение коэффициента нагрузки, γ, 2,5. Моделируем среднее значение передачи битов для полосы частот k при помощи

$r_k = \log 2\ L_k$ битов/образец.

В таком случае формула для q исходя из параметров представленных выше

$$q = \gamma^{-1} 2^{r/(S-1)} \left[\prod_{k \in K} \left(\frac{\sigma_k}{Q'_k} \right)^{1/m_k} \right]^{-1/S}.$$

Особого внимания требуют два случая. Первый заключается в следующем: для предотвращения переполнения в Q'_k, если $\log_e\left(\sigma_k^2\right) \approx 0$, кодер должен исключить любые полосы частот, для которых $Q_k^2 < 1{,}01$, задав значение $Q_k = 0$. Второй заключается в следующем: если $Q_k > 2\gamma\sigma k$, то, исходя из вышеуказанной модели квантования $r_k < 0$. Вследствие того, что с физической точки зрения это не имеет смысла, для определения q применяется итерационная процедура (установленная далее). Итерационная процедура исключает из распределения битов те полосы частот, чья скорость передачи данных в битах теоретически не положительна; это обеспечивает соблюдение ограничения на общую скорость передачи данных в битах r. Как только ширина элементов определена, необходимо квантовать каждую полосу частот при помощи квантователей, установленных в Е.2.3, включая диапазоны с теоретически не положительной скоростью передачи данных, для которых была вычислена ширина элемента.

Примечание — Что касается полос частот с теоретически не положительной скоростью передачи данных в битах (то есть, диапазонов, перечисленных в совокупности $K^{(0)} \backslash K$, определенной ниже), кодирование происходит в любом случае при помощи длин (крупных) элементов, предоставленных элементом вместе со спецификацией, в ожидании того, что результатом квантования данных диапазонов станет нулевая скорость передачи данных полос частот в битах. Может случиться и так, что несколько образцов в данных диапазонах при квантовании фактически будут преобразованы в ненулевые значения и, таким образом, внесут информацию в восстановленные изображения.

Е.5.3.3 Итеративная процедура для вычисления значений ширины элементов

1 Инициирование:

$j = 0$;

$K^{(0)} = \{k | 0 \le k \le 59$ и $\sigma_k^2 \ge 1{,}01$.

2 Выполнение итерации с j для вычисления q:

(a) $S^{(j)} = \sum_{k \in K^{(j)}} \frac{1}{m_k}$;

(b) $q^{(j)} = \gamma^{-1} 2^{r/S^{(j)} - 1} \left[\prod_{k \in K^{(j)}} \left(\frac{\sigma_k}{Q'_k} \right)^{1/m_k} \right]^{-1/S^{(j)}}$.

3 Исключение диапазонов, которые теоретически могут способствовать появлению отрицательной (неположительной) скорости передачи битов:

(a) $\Xi^{(j)} = \{k \in K^{(j)} \mid Q'_k / q^{(j)} \ge 2\gamma\sigma_k\}$.

(b) Если $\Xi^{(j)} \ne 0$, то

i. $K^{(j+1)} = K^{(j)} \setminus \Xi^{(j)}$,

ii. $j = j + 1$,

iii. переход ко второму шагу 2, в противном случае

i. $q = q^{(j)}$,

ii. $K = K^{(j)}$,

iii. продолжение.

4 Вычисление ширины элементов:

если $k \in K^{(0)}$, то

$Q_k = Q'_k / q$,

в противном случае $Q_k = 0$.

5 Завершение выполнения.

Обратная косая черта (бэкслэш) «\» — разностный оператор множеств; т. е. $A \backslash B = A \cap B^c$.

Е.5.4 Кодирование Хаффмана индексов квантователя

Полосы частот, созданные кодером номер один для осуществления кодирования Хаффмана, должны быть разделены на 3 блока, один кодер Хаффмана применяется к блоку 1 (полосы частот от 0 до 18), а второй кодер Хаффмана применяется к блокам 2 и 3 (полосы частот от 19 до 51 и от 52 до 59 соответственно).

Оба кодера Хаффмана должны составить коды Хаффмана для ненулевых индексов квантователя от минус 73 до плюс 74, включительно, и нулевые серии длиной от 1 до 100, в соответствии с Е.2.4.1. Все символы, выходящие за пределы диапазона должны быть закодированы с применением esc-последовательностей.

Примечание — В спецификации модели кодирования Хаффмана, представленной в Е.2.4.1, сказано, что символ под номером 180 соответствует значению индекса квантователя 0, который никогда не используется. Изолированный ноль должен быть кодирован как нулевая серия с длиной 1 при помощи символа под номером 1.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ИСО/МЭК 10918-1	—	*
ИСО/МЭК 15444 (все части)	—	*
ИСО/МЭК 15948	—	*
ИСО/МЭК 19794-1:2011	—	*
ИСО/МЭК 29794-1	IDT	ГОСТ Р ИСО/МЭК 29794-1—2012 «Информационные технологии. Биометрия. Качество биометрических образцов. Часть 1. Структура»

*Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в НИИЦ БТ МГТУ им. Н.Э.Баумана.

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

- IDT — идентичный стандарт.

Библиография

[1] ISO/IEC 19784-1:2006, Information technology — Biometric application programming interface — Part 1: BioAPI specification

[2] ANSI/NIST-ITL 1-2007, Information systems — Data Format for the Interchange of Fingerprint, Facial, and Other Biometric Information

[3] [IAFIS-IC-0110(V3), WSQ Gray-scale Fingerprint Image Compression Specification, 1997

[4] MTR 04B0000022 (Mitre Technical Report), Margaret Lepley, Profile for 1000 ppi Fingerprint Compression, Version 1.1, April 2004

[5] ANTONINI, M., BARLAUD, M., MATHIEU, P. and DAUBECHIES, I., «Image Coding Using Wavelet Transform», IEEE Trans. Image Processing, vol. 1, pp. 205—220, April 1992

[6] BRADLEY, J.N., BRISLAWN, C.M., «1992 Progress Report: Compression of Fingerprint Data Using the Wavelet Vector Quantization Image Compression Algorithms», Los Alamos National Laboratory, April, 1992, Tech. Report #LA-UR-92-1507

[7] BRISLAWN, C.M., «Classification of Symmetric Wavelet Transforms», Los Alamos National Laboratory, Aug. 1992, Tech. Report #LA-UR-92-2823

[8] MTR 050000016R1 (Mitre Technical Report), Test Procedures for Verifying IAFIS Image Quality Requirements for Fingerprint Scanners and Printers, April 2005

[9] HOPPER, T., PRESTON, F., «Compression of Gray-Scale Fingerprint Images», in Proc. Data Compression Conference, Snowbird, Utah, March 24-27, 1992, pp. 309—318

[10] OPPENHEIM, A.V. and SCHAFER, R.W., Discrete Time Signal Processing, Prentice-Hall, 1989

[11] ISO 12233:2000, Photography — Electronic still-picture cameras — Resolution measurements

[12] ISO/IEC 19785-2, Information technology — Common Biometric Exchange Formats Framework — Part 2: Procedures for the operation of the Biometric Registration Authority

[13] ISO/IEC TR 29794-4, Information technology — Biometric sample quality — Part 4: Finger image data

УДК 004.93'1:006.354 ОКС 35.040 П85

Ключевые слова: информационные технологии, биометрия, форматы обмена биометрическими данными, данные изображения, изображение отпечатка пальца

Редактор *Л.И. Потапова*
Технический редактор *В.Ю. Фотиева*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 03.03.2016. Подписано в печать 25.03.2016. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 9,30. Уч.-изд. л. 9,00. Тираж 32 экз. Зак. 846.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru