

Всероссийский конкурс на лучший реферат по теме
«Инновационные медицинские технологии»

Номинация: «Смежные направления»

«Анализ графических форматов с целью эффективного хранения
медицинских снимков»

Выполнила: Миронина Ирина Александровна
студентка 2-го курса кафедры «Безопасности жизнедеятельности»
Муромского института Владимирского государственного университета
E-mail: goldenstuff@mail.ru

Научный руководитель: Шарапов Руслан Владимирович,
к.т.н., профессор РАЕ, доцент кафедры «Безопасности жизнедеятельности»
Муромского института Владимирского государственного университета
E-mail: info@vanta.ru
Тел.: 8-920-913-4555

Аннотация.

В работе рассмотрены различные источники медицинских снимков. Даются основные особенности снимков при разных медицинских обследованиях. Рассматриваются современные графические форматы, их основные особенности и возможности. Более подробно рассматривается формат DICOM, являющийся практически медицинским стандартом, который встраивается в оборудование крупнейших производителей радиологического оборудования и большинство медицинских систем. Для разных графических форматов рассматривается эффективность сжатия для снимков различных медицинских исследований. Сделаны выводы по результатам исследования.

Введение.

При создании медицинских информационных систем важным вопросом является выбор эффективных форм хранения медицинских изображений на электронных носителях.

Медицинские снимки, получаемые с различного оборудования, существенно отличаются между собой. Некоторые аппараты позволяют получать небольшие снимки с невысокой четкостью, другие – огромные изображения с глубиной цвета, превышающей общепринятые нормы (например, полутоновые изображения, для представления оттенков серого в которых требуется целых 12 бит). Кроме того, снимки, полученные с диагностических аппаратов разных производителей, также могут существенно отличаться друг от друга. Таким образом, медицинские изображения получают достаточно разнообразными. Поэтому форматы графических файлов, используемые для хранения медицинских снимков должны учитывать все эти особенности и позволять сохранять всю важную для врачей информацию.

Так как медицинское учреждение ежедневно пополняется большим количеством снимков (от нескольких десятков до нескольких тысяч, в зависимости от структуры и объема учреждения), размерами от 128x128 до 6400x4800, то для их хранения требуется большое количество дискового пространства. По этой причине возникает проблема сжатия изображений. Применение алгоритмов сжатия позволяет сократить объемы требуемого для хранения снимков дискового пространства в несколько раз.

Существует множество форматов графических файлов (как общепринятых и стандартных, так и специализированных), различающихся внутренней структурой и методами сжатия информации.

Цель данной исследовательской работы - проанализировать существующие форматы хранения графической информации, чтобы выявить наиболее подходящие и эффективные для различных видов медицинских изображений.

Задачи исследования:

1. Рассмотреть следующие источники снимков: рентгенография, УЗИ, эндоскопия, маммография, компьютерная томография, магнитно-резонансное исследование, ядерная медицина.
2. Рассмотреть некоторые форматы файлов: BMP – Windows Bitmap; JPG – JPEG Image; PCX – PaintBrush Image; PNG – Portable Network Graphics; PSD – PhotoShop Image; TGA – Targa Bitmap; TIF – TIFF Image; GIF – CompuServe Bitmap; J2000 – JPEG 2000; DCM – DICOM 3.0.
3. Рассмотреть стандарт DICOM 3.0
4. Провести исследование, сделать выводы.

1. Источники снимков

Медицинские учреждения работают со снимками, полученными с различного диагностического оборудования - УЗИ, рентгена, эндоскопии, компьютерного томографа и т.д. [14, 17, 18]. Каждый вид снимков имеет свои особенности и отличия. Снимки могут быть полутоновыми (рентген, компьютерная томография, магниторезонансные исследования) или цветными (эндоскопия); иметь различную глубину цвета (8, 16, 24 бит) или число оттенков серого (8, 12 бит); обладать различным разрешением (высота и ширина) – от 64x64 до 4096x4096 пикселей; содержать пояснительные надписи и т.д. Существенно различается и характер информации, содержащейся на снимках (плавные или резкие переходы, массивные или точечные объекты, преобладание отдельных цветов и т.д.).

По этой причине интерес представляет исследование возможности хранения снимков с различных источников (диагностического оборудования) в разных графических форматах и сравнение эффективности сжатия информации каждым из них.

Для исследования были выбраны следующие источники снимков (виды исследований): рентгенография, УЗИ, эндоскопия, маммография, компьютерная томография, магнитно-резонансное исследование, ядерная медицина. Рассмотрим подробнее каждый из них.

1.1. Рентгенография

Рентгенография [21] - получение фиксированного изображения любой части тела с помощью рентгеновского излучения на чувствительном к нему материале (фотопленке или экране). Является ведущим методом исследования костно-суставного аппарата, легких, сердца, диафрагмы. К преимуществам относятся детализация изображения, наличие рентгенограммы, которая может длительно храниться для сопоставления с предыдущими и последующими рентгеновскими снимками.

При этом исследовании пучок рентгеновских лучей, проходя через органы и ткани, поглощается ими в неодинаковой степени и на выходе становится неоднородным. Поэтому, попадая затем на экран либо пленку, обуславливает эффект теневой экспозиции, состоящей из светлых и более темных участков тела (получается усреднённое, суммационное изображение всех тканей).

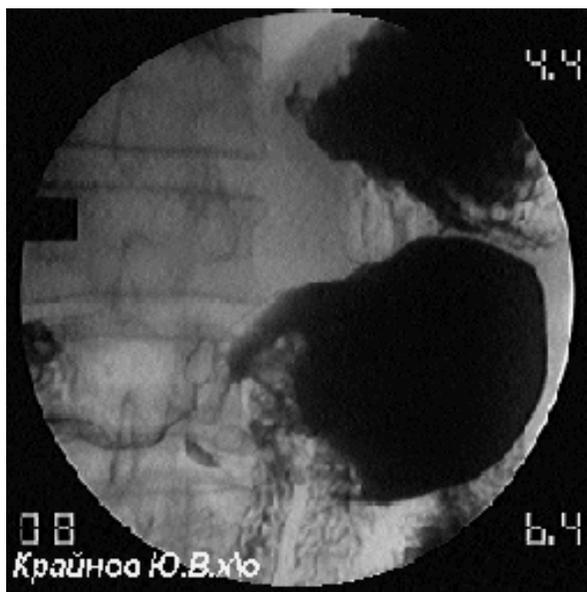


Рис. 1. Рентгеновский снимок.

В современных цифровых аппаратах регистрация выходного излучения может производиться на специальную кассету с плёнкой или на электронную матрицу. При этом печать плёнок производится только при необходимости, а диагностическое изображение выводится на монитор и, в некоторых системах, сохраняется в базе данных, вместе с остальными данными о пациенте.

1.2. Ультразвуковые исследования

Ультразвуковая диагностика [17, 19] основывается на феномене ультразвуковой эхолокации. С помощью специального прибора генерируется ультразвуковой луч, который направляется на исследуемый орган. Часть ультразвуковых волн проходит сквозь орган, а часть отражается и улавливается специальным детектором. Поступающая от детектора информация, перерабатывается компьютером в двух или трехмерное изображение, которое проецируется на экран. Ультразвуковая эхолокация является очень чувствительным методом и применяется в различных сферах медицины.



Рис. 2. УЗИ снимок.

В диагностике болезней внутренних органов ультразвуковое исследование применяют для определения места расположения внутренних органов, их размеров и структурных особенностей их отдельных частей (в том числе и патологических измененных), наличия различных патологических образований таких как: опухоли или метастазы, камни, паразиты и др. Ультразвуковое исследование является решающим в диагностике таких болезней как мочекаменная болезнь, пороки сердца (врожденные и приобретенные). Этот метод широко применяется в акушерстве и гинекологии для диагностики беременности, пренатальной диагностики болезней плода и для определения различных заболеваний матки и ее придатков (миома матки, рак матки, кисты яичников и пр.)

1.3. Эндоскопия

Эндоскопические методы обследования [28] - визуальное исследование полых органов и полостей организма с помощью оптических приборов, снабженных осветительным устройством. При необходимости эндоскопия сочетается с прицельной биопсией, а также с рентгенологическим и ультразвуковым исследованием. Результаты, полученные при эндоскопии, могут быть документированы с помощью фотографирования, кино- и видеосъемки.

Метод имеет важное значение для ранней диагностики предопухолевых заболеваний и опухолей различной локализации на ранних стадиях их развития, а также для дифференцирования их с заболеваниями воспалительной природы.

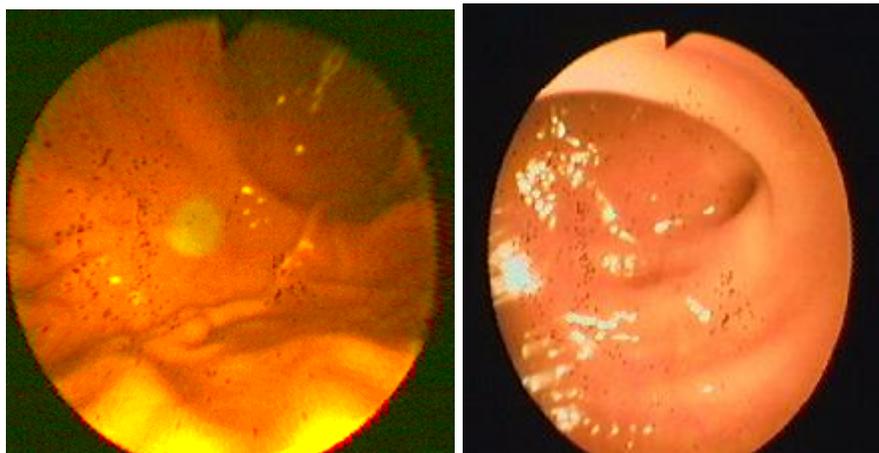


Рис. 3. Снимки, полученные при эндоскопических исследованиях.

Широкие перспективы перед эндоскопией открыла волоконная оптика. Гибкость волоконных световодов и способность передавать изображение и свет по искривленному пути сделали фиброскоп эластичным и легким в управлении. Это уменьшило опасность исследования и включило в сферу его объектов кишечник, женские половые органы, сосуды.

1.4. Маммография

Маммография — раздел медицинской диагностики, занимающийся неинвазивным исследованием молочной железы.

В настоящее время в мире в подавляющем большинстве случаев для диагностики женской молочной железы используют пленочную и цифровую

рентгеновскую проекционную маммографию. Цифровая маммография на основе детекторов прямого преобразования практически вытеснила пленочную из-за более высокого качества изображения и возможности интеграции с медицинской информационной сетью. В цифровой маммографии используются детекторы на основе а-Se (аморфного селена). Селеновые детекторы осуществляют прямое преобразование сигнала и не требуют промежуточных этапов обработки рентгеновского изображения. В связи с тем, что молочная железа состоит из тканей, мало различающихся по способности поглощать рентгеновское излучение, маммографию выполняют при низком напряжении генерируемого излучения. Снимки производят в прямой и боковой (или косой) проекциях.

Маммограмма представляет из себя рентгенологический снимок груди, который позволяет врачу судить о наличии уплотнений и опухолей в груди, молочной железе. С помощью маммограммы можно увидеть опухоль даже размером 0,5 см, когда она находится на начальной стадии и нет ее распространения.

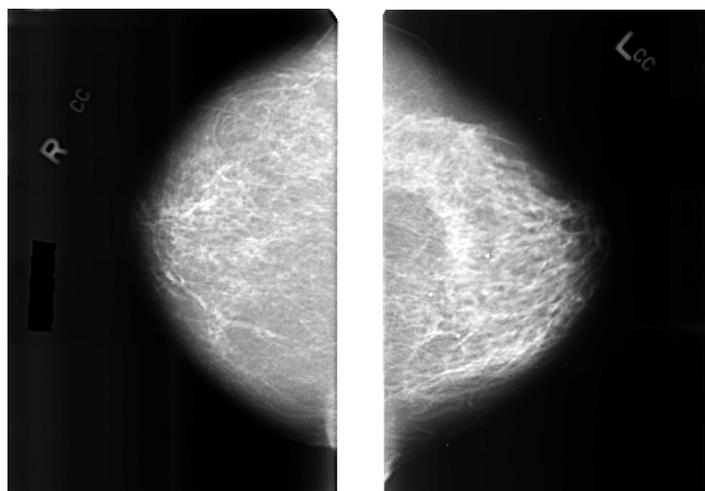


Рис. 4. Маммограммы.

Обычно маммограмма выполняется техническим персоналом, а ее описанием занимается врач-радиолог.

1.5. Компьютерная томография

Компьютерная томография [17] известна также как "послойное сканирование", которое позволяет делать рентгенологические снимки отдельных час-

тей тела, с последующей их обработкой на компьютере и выводом на печать в виде трехмерных изображений. В отличие от обычной рентгенографии, данный метод позволяет увидеть не только более плотную ткань, как кости, но также органы, кровеносные сосуды, мозг и т.д. При компьютерной томографии снимки получаются в виде послойных срезов тела, что позволяет без труда проанализировать и увидеть патологию.

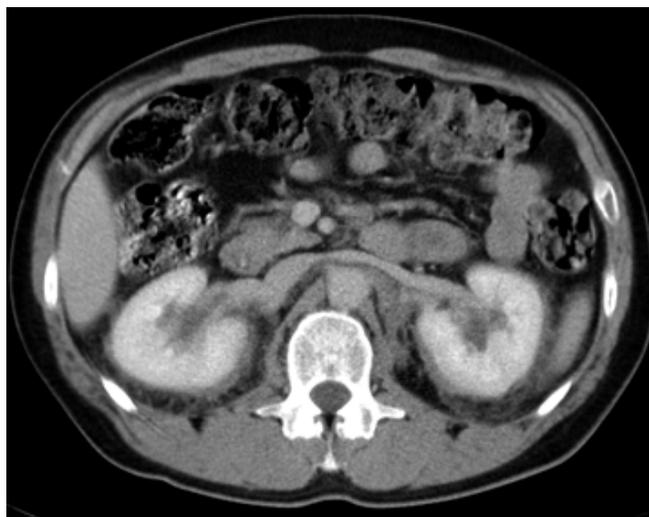


Рис. 5. Снимок с компьютерной томографии.

Чтобы усилить контраст снимка пациенту может быть введено специальное контрастное вещество, которое позволяет разделить различные виды тканей на изображении. Также, при исследовании брюшной полости, пациента часто просят принять слабительное вещество, для полной очистки желудочно-кишечного тракта, что также позволяет более четко увидеть полые органы такие как тонкий, толстый кишечник и т.д. Скорость сканирования в настоящее время достаточно высока и составляет около 4-5 минут (с последующей компьютерной обработки около 1-2 минут).

1.6. Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансная томография (МРТ, MRT, MRI) [15, 16, 23] - томографический метод исследования внутренних органов и тканей с использованием физического явления ядерного магнитного резонанса - метод основан на измерении электромагнитного отклика ядер атомов водорода на воз-

буждение их определённой комбинацией электромагнитных волн в постоянном магнитном поле высокой напряжённости.



Рис. 6. Снимок, полученный при магниторезонансном исследовании.

Метод магнитно-ядерного резонанса позволяет изучать организм человека на основе насыщенности тканей организма водородом и особенностей их магнитных свойств, связанных с нахождением в окружении разных атомов и молекул. Ядро водорода состоит из одного протона, который имеет магнитный момент (спин) и меняет свою пространственную ориентацию в мощном магнитном поле, а также при воздействии дополнительных полей, называемых градиентными, и внешних радиочастотных импульсов, подаваемых на специфической для протона при данном магнитном поле резонансной частоте. На основе параметров протона (спинов) и их векторном направлении, которые могут находиться только в двух противоположных фазах, а также их привязанности к магнитному моменту протона можно установить, в каких именно тканях находится тот или иной атом водорода.

1.7. Ядерная медицина

На сегодняшний день ядерная медицина позволяет исследовать практически все системы органов человека и находит применение в неврологии, кардиологии, онкологии, эндокринологии, пульмонологии и других разделах медицины. С помощью методов ядерной медицины изучают кровоснабжение органов, метаболизм желчи, функцию почек, мочевого пузыря, щитовидной

железы. В ядерной медицине возможно не только получение статических изображений, но и наложение изображений, полученных в разные моменты времени, для изучения динамики. Такая техника применяется, например, при оценке работы сердца.

Сцинтиграфия - метод функциональной визуализации, заключающийся во введении в организм радиоактивных изотопов и получении изображения путём детекции испускаемого ими излучения.

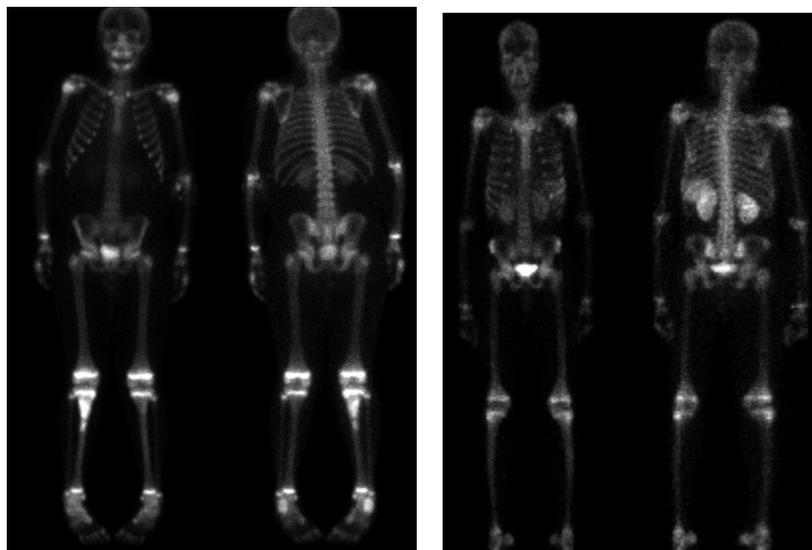


Рис. 7. Снимки, полученные с использованием ядерной медицины.

Пациенту вводят радиоиндикатор - препарат, состоящий из молекулы-вектора и радиоактивного маркера. Молекула-вектор поглощается определённой структурой организма (орган, жидкость). Радиоактивная метка служит «передатчиком»: испускает гамма-лучи, которые регистрируются гамма-камерой. Количество вводимого радиофармацевтического препарата таково, что испускаемое им излучение легко улавливается, но при этом он не оказывает токсического воздействия на организм.

2. Форматы файлов

Существует большое количество форматов графических файлов [20, 22, 24, 25, 26]. Параллельно с развитием компьютерной техники развиваются и графические форматы – одни исчезают, вторые изменяются и расширяются, третьи появляются вновь. За последнее десятилетие (с момента начала наших

работ) такие форматы как PCX и TGA неуклонно утрачивали популярность, но появляются новые (например, J2000).

2.1. Формат BMP

Формат BMP (сокращение от слова bitmap) [20, 25, 26] используется для хранения изображений без потери их качества. Этот формат является собственным форматом Windows и используется для целей системы. В этом формате изображения включаются в состав исполняемых файлов приложений и выводятся на экран. По сути дела, любое приложение, использующее графический интерфейс Windows, имеет в своем составе средства для открытия, редактирования и сохранения BMP-файлов.

Изображение в формате BMP может быть сжато при помощи алгоритма RLE (такие файлы обычно имеют расширение .RLE вместо .BMP). Однако файлы с таким сжатием распознаются и обрабатываются далеко не всеми графическими программами.

В режиме RGB BMP-файл может иметь глубину цвета 16, 24 или 32 бита. Режимы градаций серого и индексированных цветов позволяют сохранять файлы с глубиной цвета 4 и 8 битов, а также использовать сжатие изображения. Черно-белые изображения (режим bitmap) сохраняются в формате BMP с глубиной цвета один бит.

Формат BMP позволяет сохранять изображения с достаточным качеством и глубиной цвета, но он не позволяет использовать цветокоррекцию, хранить слои и другие элементы изображений. Файлы, сохраненные в этом формате, обычно бывают большого размера.

2.2. Формат JPEG

Формат JPEG (Joint Photographic Experts Group - объединенная экспертная группа по фотографии) [7, 24, 27] является широкоиспользуемым методом сжатия фотоизображений. Наиболее распространенные расширения для таких файлов .jpeg, .jfif, .jpg или .jpe.

Основная особенность формата JPEG - высокая степень сжатия данных, достигаемая за счет сжатия с потерями. То есть часть данных во время сжа-

тия отбрасывается. Это приводит к снижению качества картинки (теряются мелкие детали, появляются разводы и муар), но позволяет достичь хорошего сжатия изображения. Разумеется, такой подход неприменим к чертежам, схемам и другим видам графики, требующим передачи четких линий и надписей. Но для фотоизображений, особенно имеющих большие размеры, подобные алгоритмы сжатия вполне подходят.

При сохранении JPEG-файла можно указать степень сжатия, которую обычно задают в некоторых условных единицах, например, от 1 до 100 или от 1 до 10. Большее число соответствует лучшему качеству, но при этом увеличивается размер файла. Обыкновенно, разница в качестве между 90 и 100 на глаз уже практически не воспринимается. Следует помнить, что побитно восстановленное изображение всегда отличается от оригинала.

К недостаткам формата следует отнести то, что при сильных степенях сжатия дает знать о себе блочная структура данных, изображение «дробится на квадратики» (каждый размером 8x8 пикселей). Этот эффект особенно заметен на областях с низкой пространственной частотой (плавные переходы изображения, например, чистое небо). Кроме того, из изображения пропадают мелкие цветные детали. Формат не поддерживает прозрачность.

Однако, несмотря на недостатки, JPEG получил очень широкое распространение из-за высокой степени сжатия, относительно существующих во время его появления альтернатив.

2.3. Формат PCX

PCX - стандарт представления графической информации, использовался графическим редактором ZSoft PC Paintbrush для MS-DOS компании Microsoft, текстовых процессоров и настольных издательских систем типа Microsoft Word и Ventura Publisher. Формат был разработан компанией ZSoft Corporation (г. Мариэтта, штат Джорджия, США) [13, 20, 24].

Тип формата - растровый. Большинство файлов такого типа использует стандартную палитру цветов, но формат был расширен из расчета на хранение 24-битных изображений. PCX - аппаратно-зависимый формат. Предна-

значается для хранения информации в файле в таком же виде, как и в видео-плате. Алгоритм сжатия очень быстрый и занимает небольшой объём памяти, однако не очень эффективен, непрактичен для сжатия фотографий и более детальной компьютерной графики.

Формат РСХ обладает следующими недостатками:

- не поддерживает изображения с оттенками серого или таблицы коррекции шкалы серого;
- не поддерживает цвета CMYK или другие системы отличные от RGB;
- неудобная схема сжатия в действительности может увеличивать размеры некоторых файлов.

2.4. Формат PNG

PNG (portable network graphics) — растровый формат хранения графической информации, использующий сжатие без потерь [1, 24, 27]. PNG был создан как для улучшения, так и для замены формата GIF графическим форматом, не требующим лицензии для использования.

Формат PNG позиционируется прежде всего для использования в сети Интернет и редактирования графики.

Формат PNG обладает более высокой степенью сжатия для файлов с большим количеством цветов, чем GIF, но разница составляет около 5-25 %, что недостаточно для абсолютного преобладания формата, так как небольшие 2-16 цветные файлы формат GIF сжимает с не меньшей эффективностью.

PNG является хорошим форматом для редактирования изображений, даже для хранения промежуточных стадий редактирования, так как восстановление и пересохранение изображения проходят без потерь в качестве. Также, в отличие, например, от TIFF, спецификация PNG не позволяет авторам реализаций выбирать, какие возможности они собираются реализовать. Поэтому любое сохранённое изображение PNG может быть прочитано в любом другом приложении, поддерживающем PNG.

2.5. Формат PSD

Photoshop Document (PSD) — растровый формат хранения графической информации, использующий сжатие без потерь, созданный специально для программы Adobe Photoshop и поддерживающий все его возможности [20, 24, 25].

Этот формат наиболее широко применяется для хранения промежуточных результатов работы над оформлением сайта. Для хранения исходных изображений обычно используются другие форматы. Формат PSD развивается одновременно с программой PhotoShop, что необходимо для хранения элементов, которые вводятся в новых версиях программы. При этом сохраняется полная обратная совместимость форматов.

Основа используемого в настоящее время формата PSD была введена в PhotoShop 3.0. Именно в этой версии введены слои, позволяющие более гибко работать с изображениями и хранить их элементы отдельно друг от друга. В предыдущих версиях формата PSD слои отсутствовали, поэтому они рассматриваются как самостоятельные форматы хранения изображений.

Для уменьшения объема, занимаемого PSD-файлом на диске, в этом формате используется алгоритм сжатия RLE (Run-Length Encoding - кодирование серий). Этот алгоритм обеспечивает сравнительно невысокую степень сжатия, но позволяет повысить скорость обработки данных, кроме того, сжатие производится без потерь информации. PSD-файлы занимают меньше места на диске, чем, скажем, несжатые файлы в формате TIFF.

2.6. Формат TGA

Truevision TGA (TGA) — растровый графический формат. Первоначально был создан компанией Truevision Inc. для графических адаптеров собственного производства ещё в 1984, но в дальнейшем стал популярен на самых разных платформах, особенно в области обработки видео, анимации [12, 20, 25]. Формат поддерживает глубину цвета 1—32 бита на пиксель.

Файл изображения TGA состоит из пяти зон, каждая из которых содержит одно или больше полей фиксированной или переменной длины:

- (1) Заголовок файла
- (2) Изображение/карта цветов
- (3) Зона разработчика
- (4) Зона расширения
- (5) Подвал

2.7. Формат TIFF

Формат TIFF (Tagged Image File Format - формат файлов изображений, снабженных тегами) является одним из наиболее широко распространенных форматов [10, 20, 25]. Этот формат является фактически стандартом для подготовки изображений в полиграфии. Файлы этого формата обычно имеют расширение TIF или TIFF.

Весь TIFF-файл состоит из тегов и легко поддается модернизации и расширению. В файле формата TIFF изображение может храниться в цветовых моделях CMYK, RGB и др. Это позволяет использовать формат для хранения самых разных изображений, применяемых как для подготовки web-графики, так и в полиграфии. Кроме цветовой модели, сохраняется и разрешение, с которым следует выводить изображение на печать.

Важное свойство формата TIFF - использование сжатия данных. Такое сжатие не является обязательным и может быть включено или выключено пользователем. Степени сжатия зависят от особенностей самого сохраняемого изображения, а также и от используемого алгоритма. Формат TIFF позволяет использовать следующие алгоритмы сжатия: PackBits (RLE), Lempel-Ziv-Welch (LZW), LZ77, ZIP, H.264 (Apple), JBIG, JPEG, CCITT Group 3, CCITT Group 4. В большинстве случаев используется алгоритм сжатия LZW (метод Лемпела-Зива-Уолша, сжатие без потерь информации). Сжатие данных позволяет существенно снизить размер файла. Особенно сильно это проявляется на изображениях, содержащих большие однотонные пространства, например, на отсканированных текстах и схемах.

2.8. Формат GIF

Формат GIF (Graphics Interchange Format - формат для обмена графической информацией) - популярный формат, разработанный фирмой CompuServe как не зависящий от аппаратного обеспечения [4, 5. 27]. Широко применяется GIF и при работе в Интернет (вместе с JPG).

GIF может иметь любое количество цветов от двух до 256-ти, и если в изображении используется, скажем, 64 (26) цвета, то для хранения каждого пикселя будет использовано ровно шесть бит.

В качестве алгоритма сжатия используется метод LZW. GIF хорошо сжимает изображения, строки которых имеют повторяющиеся участки (например, изображения в которых много пикселей одного цвета по горизонтали).

Алгоритм сжатия LZW относится к форматам сжатия без потерь. Это означает, что восстановленные из GIF данные будут в точности соответствовать упакованным. Следует отметить, что это верно только для 8-битных изображений с палитрой, для цветной фотографии потери будут обусловлены переводом её к 256 цветам.

Формат GIF допускает чересстрочное хранение данных. При этом строки разбиваются на группы, и меняется порядок хранения строк в файле. При загрузке изображение проявляется постепенно, в несколько проходов. Благодаря этому, имея только часть файла, можно увидеть изображение целиком, но с меньшим разрешением

Полезной возможностью формата является использование прозрачности. Формат может быть использован для создания анимационных изображений. Важным достоинством GIF является возможность просмотра передаваемых данных по мере их поступления.

Формат GIF имеет один существенный недостаток – не поддерживает наиболее информативный 24-битный режим, что существенно ограничивает сферу его применения.

2.9. Формат JPEG2000

Формат JPEG2000 – продолжение развития формата JPEG. JPEG2000 предполагает увеличение коэффициента сжатия по сравнению с JPEG на 30%. Этот метод сжатия использует вейвлет-преобразование, благодаря чему характерные для JPEG блочные искажения исчезают, а коэффициент сжатия может достигать 200 (хотя при больших коэффициентах сжатия появляются артефакты, создаваемые вейвлет-преобразованием). Кроме того, метод сжатия JPEG-2000 обладает рядом других преимуществ перед JPEG. JPEG2000 может осуществлять сжатие как с потерями, так и без потерь. В дополнениях к JPEG2000 есть режим сжатия без потерь (коэффициент сжатия до 20). Метод сжатия JPEG2000 устойчив к ошибкам, возникающим при передаче изображения по сети. Независимо от способа кодирования, который использует алгоритм сжатия JPEG2000, применяется один и тот же декодер. Метод сжатия JPEG2000 предполагает, что из одного кодового потока могут быть декодированы изображения с различным пространственным разрешением (масштабируемость разрешения). Этот метод сжатия дает возможность обрабатывать отдельные участки изображения и сжимать изображения больших размеров.

Режим сжатия без потерь (Lossless или JPEG2000-LS) является продолжением работ над аналогичным сжатием в формате JPEG (JPEG-LS), который разрабатывался, прежде всего, для хранения изображений в медицинских целях, то есть для тех случаев, когда важно иметь большое изображение без малейших потерь качества. JPEG2000-LS основан на специальном целочисленном вейвлет фильтре (биортогональный 3/5).

2.10. Формат DICOM

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine, Цифровые изображения и обмен ими в медицине) - индустриальный стандарт для передачи радиологических изображений и другой медицинской информации между компьютерами, опирающийся на стандарт Open System Interconnection (OSI),

разработанный Международной Организацией по Стандартизации (International Standards Organization) [2, 3, 8, 9, 10].

DICOM является практически медицинским стандартом и встраивается в оборудование крупнейших производителей радиологического оборудования и большинство медицинских систем. Он поддерживается национальными организациями по стандартам - CEN TC251 в Европе и JIRA в Японии.

DICOM позволяет кроме снимка сохранять подробные сведения об условиях, в которых он был сделан, а также сведения о состоянии и положении пациента в момент получения изображения.

Стандарт DICOM определяет термин "сложное изображение", которое представляет собой элемент серии изображений, полученной при исследовании одного и того же пациента. Кроме элементарного изображения, компонентами сложного изображения могут быть несколько кривых (например, задающих область интереса на обзорном снимке), наложений (растровых текстов с параметрами исследования, фамилией врача и т.д.), несколько таблиц преобразования пикселей изображения при его визуализации.

3. Стандарт DICOM

3.1. Структура стандарта DICOM

Стандарт DICOM разделен на связанные, но независимые части. Каждый DICOM-документ имеет свой заголовок и номер в форме: PS 3.X-YYYY, где X – номер части стандарта и YYYY – ее год публикации. Например, PS 3.1-1996 обозначает первую часть стандарта DICOM 3.0, выпущенная в 1996 году.

Текущая версия стандарта - 2008, включает следующие части:

PS 3.1. Введение и краткий обзор. Описываются история разработки стандарта, его назначение и структура.

PS 3.2. Соответствие стандарту. Указываются структура сертификата соответствия стандарту и критерии, совместимости диагностического оборудования со стандартом DICOM.

PS 3.3. Определение информационных объектов. Предлагается информационная модель "реального мира", описывающая взаимоотношения между нормализованными объектами (пациент, устройство) и составными (исследования, изображения и др., наследующими некоторые атрибуты нормализованных объектов).

PS 3.4. Спецификации классов операций. Специфицируются классы действий или операций, которые могут выполняться над информационными объектами. Вводится понятие операция-объект SOP (service-object pair). Разработчики стандарта исходили из того, что применение операции к объекту может быть ограничено его свойствами, поэтому есть нужда в отдельном описании классов SOP.

PS 3.5. Структура и семантика данных. Описываются типы данных и правила кодирования, используемые при передаче данных из одной системы в другую. Специфицируются форматы передачи изображений. Стандарт допускает передачу исходных и уплотненных изображений; особо описывается синтаксис передачи при использовании неискажающих и искажающих алгоритмов

уплотнения JPEG. Допускаются другие, не специфицируемые в стандарте алгоритмы уплотнения.

PS 3.6. Словарь данных. Приводится полный список элементов данных, описанных в стандарте DICOM. Каждый элемент данных идентифицируется парой целых чисел, например пара (0018,5100) идентифицирует описание положения пациента по отношению к устройству в момент проведения исследования. Кроме идентификатора, приводятся имя элемента, характеристика его значения (строка символов, число и т.д.) и допустимое число повторений элемента в сообщении.

PS 3.7. Обмен сообщениями. Описывается структура команд и протокола обмена сообщениями. Изложение этой части существенно опирается на соответствующие стандарты Модели взаимодействия открытых систем OSI (ISO 8222 и ISO 8649).

PS 3.8. Обеспечение обмена сообщениями в сетевых средах. Определяются необходимые компоненты системы обмена сообщениями в сетевых средах, использующих протокол TCP/IP.

PS 3.9. Обеспечение обмена сообщениями при прямой связи абонентов (point-to-point) [Прекратил действие]. Приводится подробное описание прямого взаимодействия двух устройств, в т.ч. назначение каждой ножки 50-контактного разъема, уровня передаваемых сигналов, их временные характеристики и т.д.

PS 3.10. Носители данных и форматы файлов для обмена информацией. Описываются теоретические основы хранения медицинских изображений на внешних носителях данных.

PS 3.11. Прикладные характеристики хранения данных на внешних носителях. Описываются требования к данным, которые должны храниться на внешних носителях, описания имеют клиническую направленность.

PS 3.12. Форматы носителей и физическая среда хранения данных. Специфицируются различные носители данных, которые могут использоваться для

хранения медицинских изображений (например, дискеты 3.5", компакт диски CD ROM, магнитооптические диски и т.д.).

PS 3.13. Управление выводом на печатающие устройства при прямом соединении [Прекратил действие]. Описываются протоколы и операции, необходимые для вывода изображения на печатающее устройство. Вывод осуществляется системой-исполнителем, напрямую соединенной с системой-инициатором вывода.

PS 3.14. Стандарт функций отображений полутоновых изображений. Определяет стандарт для непротиворечивого отображения полутоновых изображений. Также включает функции калибровки отображающих систем (мониторов).

PS 3.15. Безопасность и система управления профилями. Определяет профили безопасности, которые должны поддерживать реализации DICOM. Определяются профили безопасности для использования схем кодирования данных, открытых ключей и SMART-карт.

PS 3.16. Отображение содержания ресурса. Определяет шаблоны для структурирования документов как информационных объектов DICOM, устанавливает кодирование терминов, используемых информационными объектами, задает специализированный перевод закодированных терминов в зависимости от страны.

PS 3.17. Объяснительная информация. Содержит дополнительную информацию в виде одного нормативного приложения и 20 информативных приложений. Объясняются положение пациента, маммографические CAD, ультразвуковые шаблоны, отчеты о эхокардиографических процедурах, варианты использования офтальмологии и т.д.

PS 3.18. Интернет-доступ к постоянным объектам DICOM (WADO). Определяет интернет сервисы для доступа и представления постоянных объектов DICOM, таких как изображения и медицинские отчеты. Он предназначен для распределения результатов и изображений медицинским работникам. WADO обеспечивает простой механизм для доступа к постоянным объектам DICOM.

3.2. История стандарта

Разработка стандарта DICOM началась в начале 80-х годов, когда проблема интеграции сложных цифровых устройств лучевой диагностики стояла уже достаточно остро. В 1983 году Американским Колледжем Радиологии (American College of Radiology, ACR) и Национальной ассоциацией производителей электронного оборудования (NEMA) США был создан объединенный комитет, в задачи которого входила разработка стандарта, обеспечивающего передачу цифровых медицинских изображений, не зависящую от производителей диагностического оборудования, и способствующую:

1. развитию систем архивирования и передачи изображений (PACS),
2. обеспечению их взаимодействия с автоматизированными больничными информационными системами,
3. созданию баз данных, содержащих диагностическую информацию, получаемую с помощью большого числа удаленных друг от друга устройств различных типов.

Официально, последней версией стандарта считается версия 3.0, однако она постоянно обновляется и расширяется с 1993 года. Вместо того, чтобы менять номер версии, стандарт часто обозначается с использованием года выпуска, например, "2008 версия DICOM".

3.3. Формат данных стандарта DICOM

DICOM отличается от других форматов данных тем, что он группирует информацию в наборы данных. Это означает, например, что файл рентгеновского изображения содержит идентификатор пациента в пределах файла, так, чтобы изображение никогда не могло быть отделено от этой информации по ошибке.

Объект данных DICOM состоит из многих атрибутов, включая такие элементы как название, ID, и т.д., а также один специальный атрибут, содержащий данные пикселей изображения (то есть логически, у главного объекта нет никакого "заголовка" как такового, есть просто список атрибутов, включая данные пикселей).

Единственный объект DICOM может только содержать только один атрибут, содержащий данные пикселей. Для многих методов это соответствует единственному изображению. Но атрибут может содержать множество "кадров", позволяя хранить многокадровые изображения. Другой пример - данные ядерной медицины, где изображение по определению - многомерное и многокадровое. В этих случаях трех - и четырехмерные данные может быть помещены в едином объекте DICOM. Данные пикселей могут сжиматься с использованием множества стандартов, включая JPEG, JPEG Lossless (без потерь), JPEG 2000 и RLE. LZW (zip) сжатие может использоваться для целого набора данных (не только для данных пикселей).

4. Метод исследования

Для проведения исследований были составлены группы (наборы) тестовых изображений, соответствующие каждому виду медицинских обследований. В связи с тем, что изображения различных видов исследования существенно различаются по разрешению, была проведена нормализация изображений до единого разрешения 256x256. Это позволило наглядно оценить поведение графических форматов (методов сжатия) для различных тестовых групп. Нормализация осуществлялась главным образом путем усечения изображений до нужного размера и лишь в ряде случаев – их масштабирования. Это было обусловлено желанием сохранить мельчайшие детали изображений для большей точности эксперимента.

Для каждого цветного изображения были сделаны копии с глубиной цвета 8 и 24 бита, а для черно-белого – еще и 8 битная полутоновая версия. Все исследования проводились для каждой из этих копий, чтобы оценить эффективность сжатия при разной глубине цвета.

Каждая группа изображений была сохранена в следующих графических форматах: BMP, JPG, PCX, PNG, PSD, TGA, TIF, GIF, J2000, DCM. Формат JPG использует сжатие с потерями информации. Во избежание потерь информативных участков использовалось минимальное (или нулевое) сжатие для этого формата. Для форматов TGA и PSD использовалось RLE сжатие, для формата TIF - LZW сжатие. Для формата J2000 исследования проводились для двух режимов – сжатие с потерями с качеством 100% (J2000 q100) и сжатие без потерь Lossless (J2000 l-ls). Для формата DCM было исследовано 5 режима хранения: без сжатия (DCM), RLE сжатие (DCM rle), сжатие без потери качества Lossless (DCM l-ls), сжатие с потерей качества Lossy (DCM lossy) и Dicom-архив (DMZ). Надо заметить, что формат GIF не поддерживает разрешение более 256 цветов (глубина цвета 8 бит) и исследование изображений с глубиной цвета в 24 бита для него не проводились. Напротив, формат JPG хранит изображения с глубиной 24 бита, поэтому изображения с глубиной цвета в 8 бит преобразуются в 24 бита.

Практика показала, что при сохранении изображений в одинаковых форматах с одними и теми же параметрами (доступными пользователю) размеры файлов могут отличаться, причем иногда существенно. По этой причине при проведении исследования мы использовали одни и те же программы (показавшие лучшие результаты для данного формата):

- BMP – Adobe PhotoShop CS3 и InfanView 3.85;
- JPG – Adobe PhotoShop CS3 и InfanView 3.85;
- PCX – Adobe PhotoShop CS3 и InfanView 3.85;
- PNG – Adobe PhotoShop CS3 и InfanView 3.85;
- PSD – Adobe PhotoShop CS3;
- TGA – XnView 1.95.4;
- TIF – Adobe PhotoShop CS3 и InfanView 3.85;
- GIF – Adobe PhotoShop CS3 и InfanView 3.85;
- J2000 – InfanView 3.85;
- DCM – DicomWorks 1.3.5, UniPacs Dicom Viewer Plus 1.0.0.1 и Adobe PhotoShop CS3 с плагином DICOMAccess.

Результаты.

На рисунках 1-20 приведен сравнительный анализ среднего размера изображений каждой группы для различных форматов.

Как можно заметить, лучшие результаты по степени сжатия показали форматы DCM в режиме с потерями качества (DCM lossy) и J2000 с качеством изображения 100% (J2000 q100). Формат DCM lossy в реализации UniPacs Dicom Viewer Plus показывает устойчивые результаты сжатия – 8 Кб для глубины цвета в 8 бит и 22 Кб для глубины цвета в 24 бита. Исключение составили цветные изображения, которые сжимались в несколько раз хуже – до 60 Кб. Так как многие программы (в том числе и используемые нами DicomWorks 1.3.5 и UniPacs Dicom Viewer Plus 1.0.0.1) не поддерживают работу с цветными изображениями в формате DICOM, или такая поддержка осуществляется в расширенных и платных версиях, для сохранения таких изображений использовалась демоверсия плагина DICOMAccess для Adobe Photoshop CS3. Недостаточная степень сжатия вызвана скорее конкретной ее реализацией в плагине или ограничениями в его использовании.

Формат J2000 q100 показывает устойчиво хорошее сжатие (меняется от 14 до 43 Кб) на всех группах изображений. Интересной особенностью этого формата стало худшее сжатие для изображений с глубиной 8 бит (средний размер - 26 Кб) по сравнению с изображениями с глубиной 24 бита (средний размер - 21 Кб).

Несмотря на всю привлекательность, оба этих формата (DCM lossy и J2000 q100) допускают потерю части информации, что может оказаться критичным для некоторых снимков (например, не позволит правильно поставить диагноз или различить больную ткань от здоровой). По этой причине применение в медицинской практике все же стоит ограничить (за исключением случаев визуализации снимков, не хранящих критически важных объектов).

Следующая группа форматов показывает примерно сходные результаты – PNG, GIF, TIFF и DMZ. Это объясняется одним и тем же методом сжатия, применяемом в этих форматах. Изображения с глубиной цвета в 24 бита

ужимаются в среднем до 50 Кб в формате PNG, 54 Кб в формате DMZ. TIFF для таких изображений отстает, ужимая файлы до 69 Кб. Для изображений с глубиной цвета в 8 бит все форматы показывают сжатие до 30-41 Кб. Отсутствие поддержки форматом GIF 24 битных цветов делает этот формат мало пригодным для хранения медицинских снимков.

Аналогичные результаты показывает формат DCM со сжатием без потерь (Lossless). Изображения с глубиной цвета в 24 бита занимают в этом формате 68 Кб, с глубиной 8 бит – 35 Кб, а с серой шкалой – 23 Кб. Последний показатель лучше на 30%, чем у форматов PNG, GIF, TIFF и DMZ.

Ситуация с цветными изображениями для DCM lossless и DMZ повторяется. Размеры получаемых файлов существенно больше, чем в других форматах. Это также объясняется работой плагина DICOMAccess для Adobe Photoshop CS3.

Наиболее большие изображения получаются в форматах BMP, PSD, DCM и DCM gle. Это объясняется практическим отсутствием сжатия у этих форматов. По этой причине хранение большого количества медицинских изображений с их использованием – достаточно накладно.

Таким образом, наиболее подходящими кандидатами для использования в хранилищах медицинских снимков являются форматы PNG, TIFF, DCM lossless и DMZ. При этом формат несколько уступает остальным форматам.

В настоящее время даже в провинциальных медицинских учреждениях стало появляться медицинское оборудование, совместимое со стандартом DICOM 3.0. По этой причине снимки могут сопровождаться дополнительной информацией (время и параметры съемки, расстояние до объекта и т.д.). Сохранить же эту информацию можно с использованием формата DCM. Формат PNG такой возможности предоставить не может. Кроме того, получившие в настоящее время методы сжатия информации в формате DICOM (DCM lossless и DMZ) позволяют сокращать размеры файлов в несколько раз (аналогично формату PNG). По этой причине в новых системах стоит все же ориентироваться на формат DCM lossless или на DMZ (хотя этот формат мало

распространен). Преимущества, обеспечиваемые этими форматами, будут только возрастать, а распространение – усиливаться. Проблема же обмена информацией с системами, не поддерживающими DICOM может решаться конвертацией изображений в более распространенные форматы (например, тот же PNG).

Таблица 1

Средний размер для различных групп изображений при глубине цвета 24 бита

	BMP	JPG	PCX	PNG	PSD	TGA	TIF	GIF	DCM	DCM rle	DCM l-lsn	DCM lossy	DMZ	j2-q100	j2 l-ls
Рентген	192	45	132	32	159	122	34	-	193	178	74	22	30	24	39
УЗИ	192	49	119	34	126	116	43	-	193	145	67	22	31	27	89
Эндоскопия	192	51	152	84	149	171	133	-	193	158	92	60	105	31	101
Маммография	192	31	140	36	135	115	59	-	193	150	52	22	40	14	27
МРИ	192	34	159	51	180	146	76	-	193	168	58	22	61	15	41
КТ	192	42	184	62	203	166	85	-	193	191	70	22	69	20	37
Ядерная мед.	192	35	128	48	134	119	49	-	193	151	63	22	41	19	32
Среднее	192	41	145	50	155	136	69	-	193	163	68	27	54	21	52

Таблица 2

Средний размер для различных групп изображений при глубине цвета 8 бит

	BMP	JPG	PCX	PNG	PSD	TGA	TIF	GIF	DCM	DCM rle	DCM l-lsn	DCM lossy	DMZ	j2-q100	j2 l-ls
Рентген	65	45	43	23	54	56	25	21	66	60	25	8	22	34	39
УЗИ	65	49	44	23	70	50	27	26	65	54	29	8	23	27	89
Эндоскопия	65	53	58	33	79	61	37	37	193	158	92	60	105	43	114
Маммография	65	31	43	31	66	48	36	34	65	50	23	8	31	14	27
МРИ	65	34	53	37	75	55	44	43	65	58	21	8	38	16	39
КТ	65	49	49	32	76	55	36	35	65	59	34	8	32	22	85
Ядерная мед.	65	35	48	29	66	48	33	31	65	51	23	8	29	27	32
Среднее	65	42	48	30	69	53	34	33	83	70	35	15	40	26	61

Таблица 3

Средний размер для различных групп изображений при глубине цвета 8 бит (серая шкала)

	BMP	JPG	PCX	PNG	PSD	TGA	TIF	GIF	DCM	DCM rle	DCM l-lsn	DCM lossy	DMZ	j2-q100	j2 l-ls
Рентген	65	45	45	23	53	56	20	22	65	70	26	8	31	36	42
УЗИ	65	44	55	33	78	59	36	35	65	63	24	8	33	32	38
Маммография	65	33	54	39	73	55	45	44	65	58	19	8	40	22	29
МРИ	65	35	55	44	76	56	53	52	65	58	21	8	45	24	31
КТ	65	42	62	49	84	63	58	57	65	65	24	8	49	29	37
Ядерная мед.	65	37	44	31	67	48	35	34	65	51	23	8	31	29	34
Среднее	65	39	53	37	72	56	41	41	65	61	23	8	38	29	35

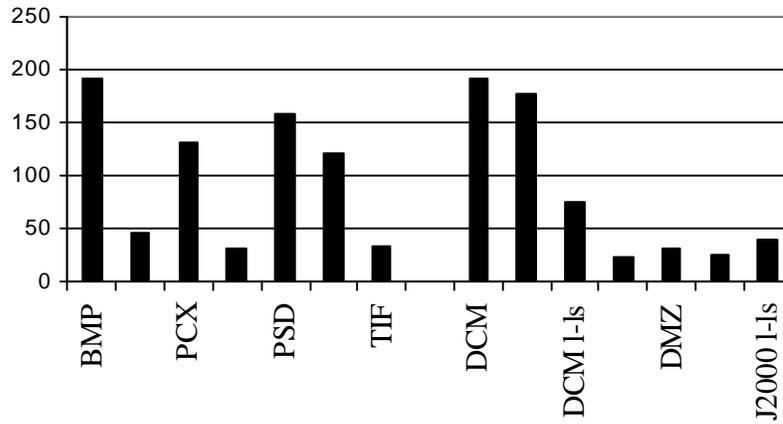


Рис. 1. Средние размеры рентген-снимков при глубине цвета 24 бит

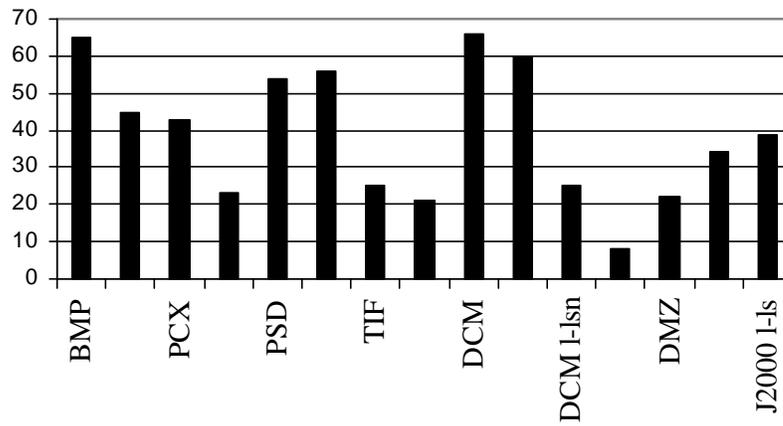


Рис. 2. Средние размеры рентген-снимков при глубине цвета 8 бит

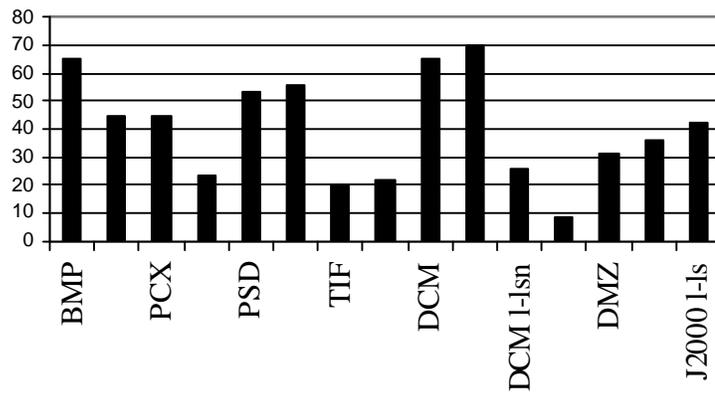


Рис. 3. Средние размеры рентген-снимков при глубине цвета 8 бит (серая шкала)

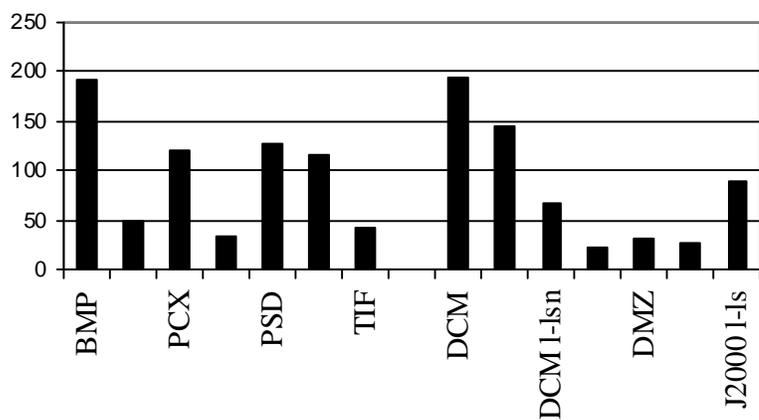


Рис. 4. Средние размеры УЗИ-снимков при глубине цвета 24 бит

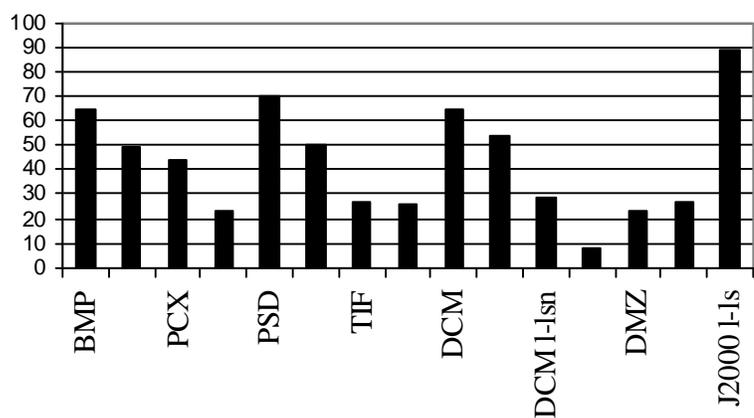


Рис. 5. Средние размеры УЗИ-снимков при глубине цвета 8 бит

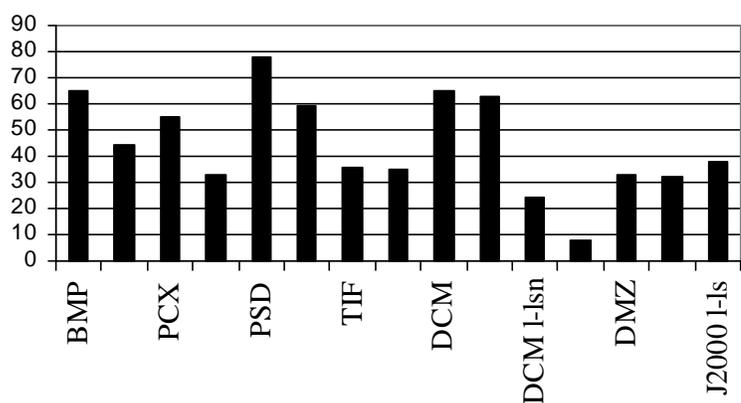


Рис. 6. Средние размеры УЗИ-снимков при глубине цвета 8 бит (серая шкала).

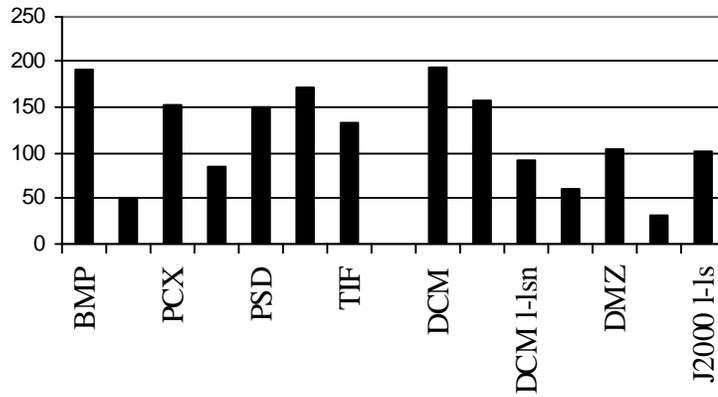


Рис. 7. Средние размеры снимков эндоскопии при глубине цвета 24 бит

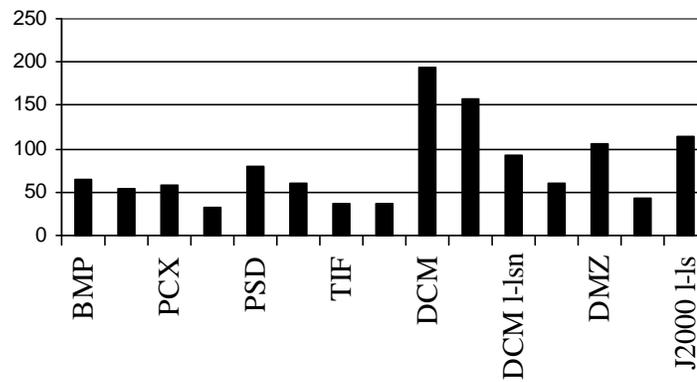


Рис. 8. Средние размеры снимков эндоскопии при глубине цвета 8 бит

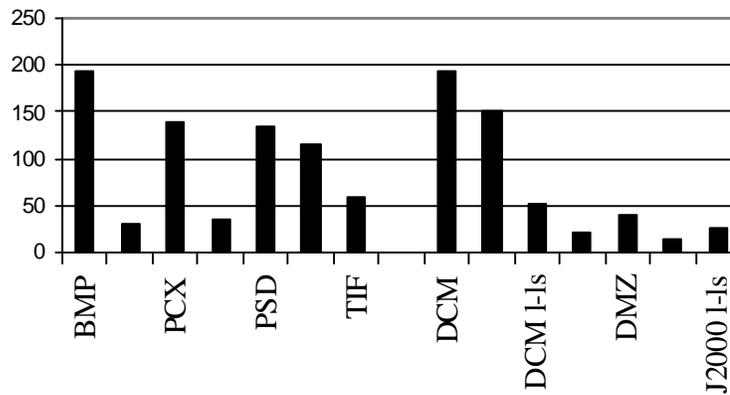


Рис. 9. Средние размеры маммограмм при глубине цвета 24 бит

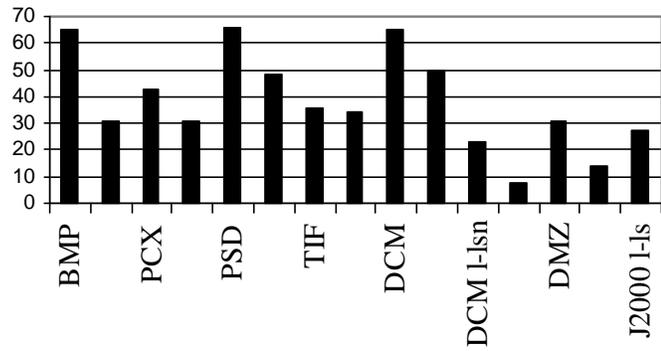


Рис. 10. Средние размеры маммограмм при глубине цвета 8 бит

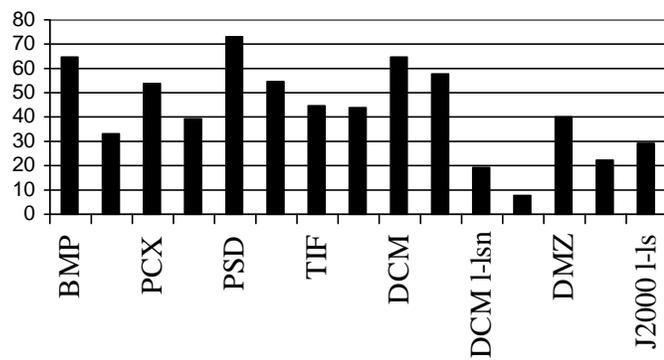


Рис. 11. Средние размеры маммограмм при глубине цвета 8 бит (серая шкала)

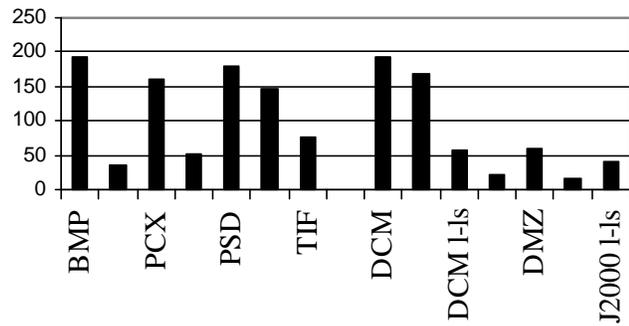


Рис. 12. Средние размеры снимков магнитно-резонансных исследований при глубине цвета 24 бит

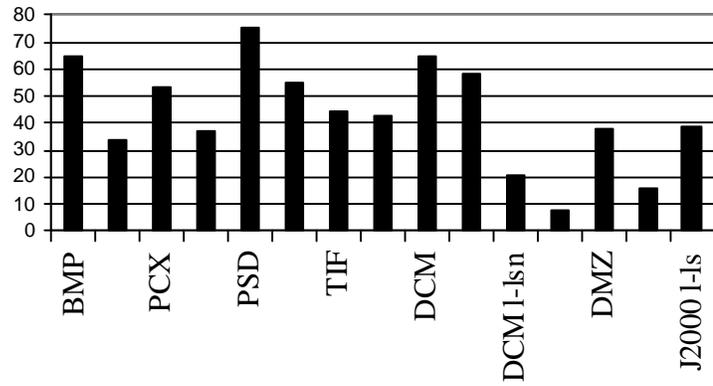


Рис. 13. Средние размеры снимков магнитно-резонансных исследований при глубине цвета 8 бит

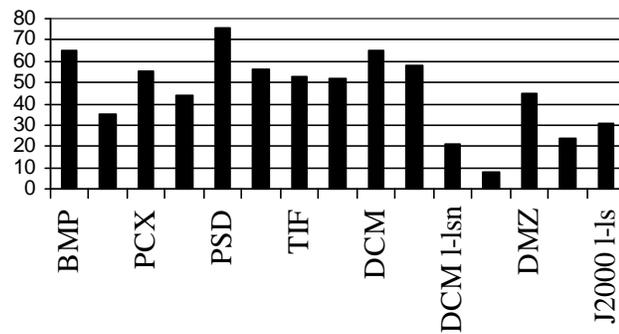


Рис. 14. Средние размеры снимков магнитно-резонансных исследований при глубине цвета 8 бит (серая шкала)

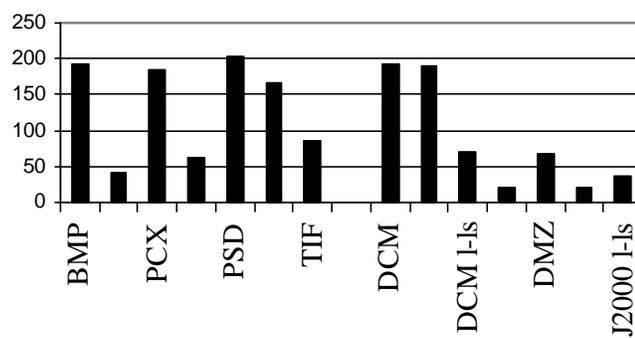


Рис. 15. Средние размеры снимков компьютерной томографии при глубине цвета 24 бит

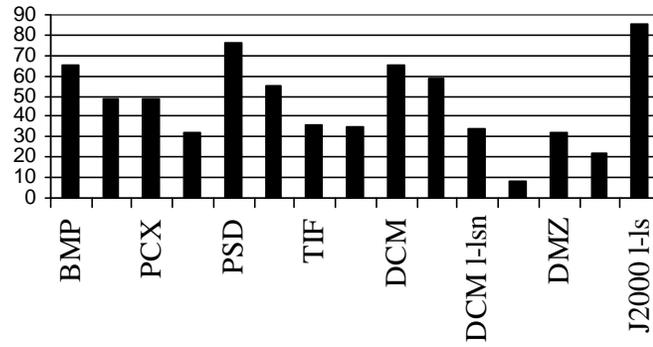


Рис. 16. Средние размеры снимков компьютерной томографии при глубине цвета 8 бит

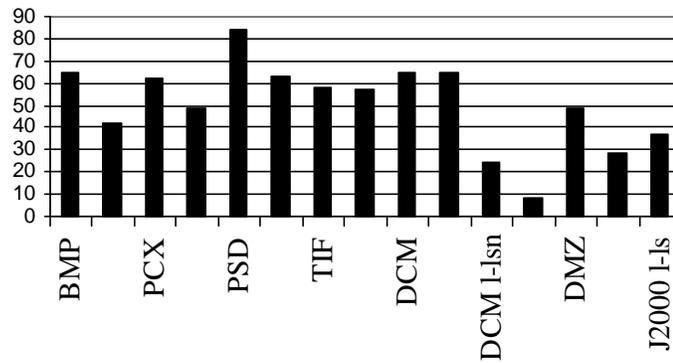


Рис. 17. Средние размеры снимков компьютерной томографии при глубине цвета 8 бит (серая шкала)

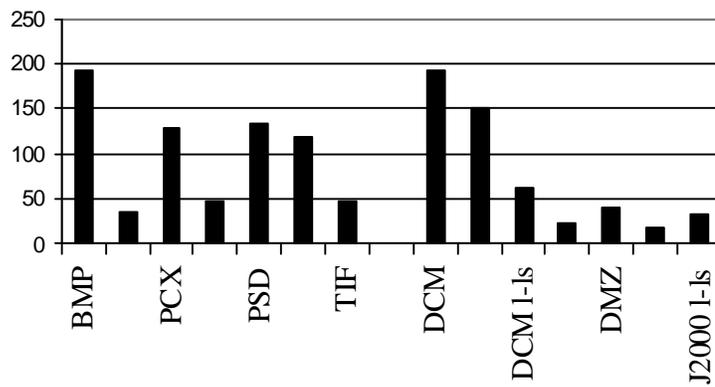


Рис. 18. Средние размеры снимков ядерной медицины при глубине цвета 24 бит

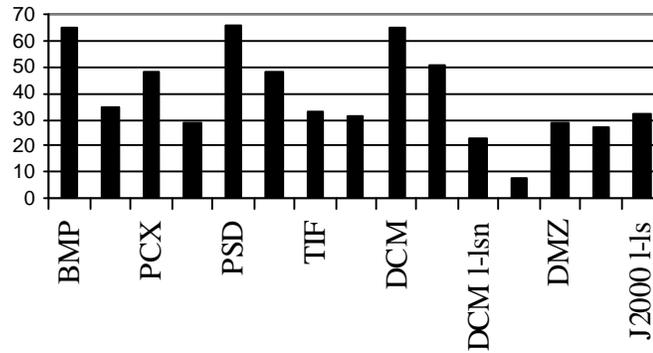


Рис. 19. Средние размеры снимков ядерной медицины при глубине цвета 8 бит

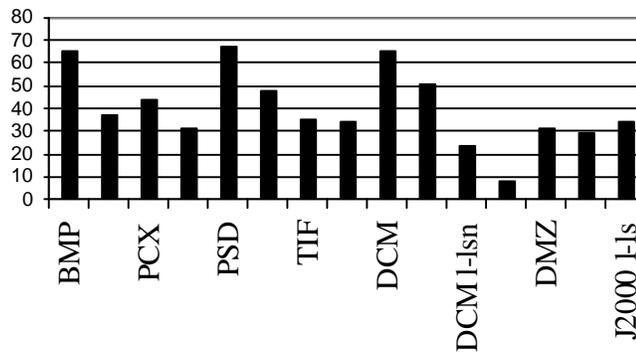


Рис. 20. Средние размеры снимков ядерной медицины при глубине цвета 8 бит (серая шкала)

Список литературы.

1. Boutell T. PNG (Portable Network Graphics) Specification. Version 1.0. Boutell.Com, Inc. 1996, 89p.
2. Clunie D. DICOM Structured Reporting – PixelMed Publishing, Bangor, PA, 2001.
3. Digital Imaging and Communications in Medicine. NEMA PS 3 2004 ed.; Global Engineering Documents, Englewood CO, 2004.
4. G I F. Graphics Interchange Format. A standard defining a mechanism for the storage and transmission of raster-based graphics information. CompuServe Inc. 1987, 15p.

5. Graphics Interchange Format. Version 89a. CompuServe Inc. 1990, 33p.
6. Léger, A., Mitchell, M., and Yamazaki, Y. Still picture compression algorithms evaluated for international standardization. IEEE Communications Society, Nov. 1988, pp. 1028-1032.
7. Léger, A., Omachi, T., and Wallace, G. The JPEG still picture compression algorithm. In Optical Engineering, vol. 30, no. 7 (July 1991), pp. 947-954.
8. Oosterwijk H., Gihring P. DICOM Basics; 3rd ed. – OTech, Inc., Aubrey, TX; 2002.
9. Pianykh O. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM): A Practical Introduction and Survival Guide – Springer, 2008. 384 p.
10. Revet B. DICOM Cook Book for Implementations in Modalities –Philips Medical Systems; 1997.
11. TIFF. Revision 6.0. Aldus Corporation. 1992, 121p.
12. Truevision TGA. File format specification. Truevision Inc. 1991, 26p.
13. ZSoft PCX File Format Technical Reference Manual. ZSoft Corp. 1991, 18 p.
14. Аспекты клинической дозиметрии / Науч. ред. Р.В. Савицкий. – М.: МНПИ, 2000. – 388 с.
15. Ахадов Т.А., Панов В.О., Айххофф У. Магнитно-резонансная томография спинного мозга и позвоночника. – М.: Акад. наук России, 2000. – 747 с.
16. Гюнтер Х. Введение в курс спектроскопии ЯМР: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 478 с.
17. Зубарев А. В. Методы медицинской визуализации - УЗИ, КТ, МРТ – М.: ВИДАР, 1995
18. Воробьев П.А Лабораторная и инструментальная диагностика – М.: Ньюдиамед-АО, 1997
19. Дворяковский И.В. Ультразвуковая диагностика в неонатологии и педиатрии: Дифференциально-диагностические критерии. – М.: Аир-Арт, 2000. – 216 с.
20. Климов А.С. Форматы графических файлов. – С.-Петербург: ДиаСофт, 1995.– 480с.

21. Линденбрaтен Л.Д., Королук И.П. Медицинская радиология: Основы лучевой диагностики и лучевой терапии: Для вузов. 2-е изд. – М.: Медицина, 2000. – 672 с.
22. Матвеев С. Форматы графических файлов. // Открытые системы. – 1997 №4 – с.12-15.
23. Мэнсфилд П. Быстрая магнитно-резонансная томография // Успехи физических наук, 2005, т. 175, № 10, с. 1044-1052
24. Мюррей Д.Д., Райнер У. Ван. Энциклопедия форматов графических файлов. Пер. с англ. – Киев: ВНУ, 1997 – 535с.
25. Романов В.Ю. Популярные форматы файлов для хранения графических изображений на IBM PC – М: Унитех, 1992. – 320с.
26. Сван Т. Форматы файлов Windows. – М.: Бином, 1995. – 258с.
27. Татарников О. Формат графического файла на Web-странице. // Компьютер пресс. 1999, №5. С.100-106.
28. Федоров И.В., Сигал Е.И., Одинцов В.В. Эндоскопическая хирургия. 2-е изд. – М., ГЭОТАР-МЕД, 2001, 352 с.
29. Шарапов Р.В. Анализ эффективности различных форматов хранения медицинских снимков. Муром. Ин-т. Владимир. Гос. Ун-та. - Муром, 2000. Деп. в ВИНТИ 22.03.00 N 716-B00. – 26с.
30. Шарапов Р.В. Применение стандарта DICOM для обмена изображениями. Всероссийские научные Зворыкинские чтения – I. Всероссийская межвузовская научная конференция «Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России»: Том 2 / Муромский ин-т Владимирского гос. ун-та, 6 февраля 2009 г. – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2009. – С. 98-99.