

6 Основы растровой графики

6.1 Основные характеристики растровой графики

Под *графической информацией* мы понимаем всю совокупность информации, которая нанесена на самые различные носители — бумагу, пленку, кальку, картон, холст и, с помощью кодирования, на цифровые носители.

Графическая информация бывает двух видов.

- *Растровая графика* (bitmapped images, scanned images, raster images) представляет собой совокупность точек (или пикселей), которые различаются только цветом (тоном) и взаимным расположением.
- *Векторная графика* (vector drawing, vector illustration) представляет собой линейно-контурное изображение, которое состоит из геометрических примитивов, таких как точки, линии, сплайны и полигоны, и их заполнения ("заливок").

Основными характеристиками растровой графики являются разрешение и глубина цвета

Разрешение — это количество точек (пикселей) на единицу длины. Понятие разрешения, однозначно связывает размер элемента дискретизации (пикселя) со стандартными единицами измерения, принятыми в науке и технике.

Разрешение представляет собой достаточно универсальное понятие, которое применяется в разных областях, имеющих дело с изображениями (например, в телевидении, полиграфии и компьютерной графике), оно хотя и имеет разные названия и разные формы единиц измерения, сохраняет единый смысл: количество дискретных элементов, приходящихся на стандартную единицу длины (фактически — на единицу площади).

Оно представляет собой просто сокращение английских слов picture element, что означает "элемент изображения", "элемент картинки". Эти два слова сократили до "pic" и "el" и соединили по принципу "колхоз", получилось слово "pixel" (при этом буква "с" заменена на "х" по причине чередования, например как в русском языке происходит чередование согласных в словах "печка" и "пекарь").

Таким образом, пиксельная изображение, или растровая графика, т. е. матрица, которая представляет собой совокупность пикселей.

Отличительными особенностями пикселя являются его однородность (все пиксели по размеру одинаковы) и неделимость (пиксел не содержит более мелких пикселей).

Единица измерения разрешения *ppi* — это количество пикселей в каждом дюйме изображения. В настоящее время более популярной единицей разрешения является **dpi**, пришедшее из полиграфии и ставшее повсеместно используемым в компьютерной графике.

Большинство редакторов растровой графики отображают пиксели изображения при помощи пикселей экрана (без учета физических размеров): если, предположим, разрешение документа совпадает с разрешением экрана (так стараются делать, если изображение предназначено только для экрана, например компьютерная презентация, компьютерная заставка, изображение для Web-страницы и т. д.), то изображение на экране будет отображаться "пиксел в пиксел", а это означает масштаб 100%. Если у документа разрешение превышает экранное, то при масштабе 100% документ будет отображаться в несколько раз увеличенным. Например, изображение с разрешением 144 ppi на экране монитора будет в два раза больше, чем изображение с разрешением 72 ppi, даже если их физический размер (например, 1x1 дюйм) будет одинаковым.

Изображение с большим разрешением содержит больше пикселей, которые имеют меньший размер, чем у изображения с меньшим разрешением, у которого пикселей имеют больший размер.

С практической точки зрения это означает, что изображение с высоким разрешением может быть распечатано в большем формате без потери качества.

Например, в одном квадратном дюйме изображение, предназначенное для вывода на экран монитора с разрешением 96 ppi, содержит 9216 пикселей. В том же квадратном дюйме изображение, предназначенное для вывода на лазерный принтер с разрешением 600 dpi, содержит 360 000 пикселей. Очевидно, что во втором случае физический размер точки будет в 70 раз меньше.

Однако следует очень четко уяснить, что **уровень качества изображения** закладывается в процессе фотографирования или сканирования в зависимости от устанавливаемого

разрешения. Последующее увеличение разрешения цифрового изображения в любом графическом редакторе, не способствует улучшению качества изображения. Это связано с тем, что ПО, конечно, не способно добавить новую изобразительную информацию (добавить новые более мелкие детали), а только перераспределить уже имеющиеся данные на большее число пикселей. В этом случае, как правило, даже происходит ухудшение некоторых параметров изображения, например резкости.

Правильный выбор величины разрешения зависит от многих факторов: назначения изображения и способа его использования. Необходимо найти разумный баланс между качеством, размером файла и временем его обработки, а также учесть возможности системы обработки.

Основной *цветовой* характеристикой растрового изображения является **глубина цвета**.

Цветные изображения составляют в настоящий период подавляющее большинство изображений. Однако цвет представляет массу проблем с точки зрения технологии его использования.

Для того чтобы оцифровать и сохранить цветовую информацию, все технические системы используют цветовую фильтрацию: пропускают цветовой поток через три цветных фильтра (красный, зеленый и синий). В результате получается 3 числа, характеризующих интенсивность красной, зеленой и синей составляющей. Совмещение тоновых градаций всех составляющих (каналов) и определяет цвет изображения.

Т.о. каждый пиксель описывается восемью двоичными разрядами, в сумме это составит 24 бита, т. е. полноцветные изображения называются "24-bit image". Это дает возможность закодировать 16,7 млн. оттенков, что достаточно много. Поэтому данную модель иногда называют TrueColor (Истинный цвет). Такое изображение называется по имени цветовой модели — "RGB-image" (изображение в цветовой модели RGB).

Цветовые составляющие в программе организуются в виде так называемых каналов, каждый из которых представляет собой изображение в градациях серого со значениями яркости от 0 до 255.

Из этих определений следует, что хотя разрешение и глубина цвета друг с другом существуют неразрывно (не бывает изображений с разрешением, но без глубины цвета и наоборот), фактически они никак не связаны.

6.2 Виды изображений

Изображения бывают *векторными* и *растровыми*. Векторным называется изображение, описанное в виде набора графических примитивов. Растровые же изображения представляют собой двумерный массив, элементы которого (пиксели) содержат информацию о цвете. В цифровой обработке используются растровые изображения. Они в свою очередь делятся на типы - *бинарные*, *полутоновые*, *палитровые*, *полноцветные*.

Элементы *бинарного* изображения могут принимать только два значения: 0 или 1. Природа происхождения таких изображений может быть самой разнообразной. Но в большинстве случаев, они получаются в результате обработки полутоновых, палитровых или полноцветных изображений методами бинаризации с фиксированным или адаптивным порогом. Бинарные изображения имеют то преимущество, что они очень удобны при передаче данных.

Полутоновое изображение состоит из элементов, которые могут принимать одно из значений интенсивности какого-либо одного цвета. Это один из наиболее распространенных типов изображений, который применяется при различного рода исследованиях. В большинстве случаев используется глубина цвета 8 бит на элемент изображения.

В палитровых изображениях значение пикселей является ссылкой на ячейку карты цветов (палитры). Палитра представляет собой двумерный массив, в столбцах которого расположены интенсивности цветовых составляющих одного цвета.

Первые цветные мониторы работали с ограниченным цветовым диапазоном: сначала 16, затем 256 цветов. Они кодировались, соответственно, 4 битами (16 цветов) и 8 битами (256 цветов). Такие цвета называются *индексированными* (indexed colors).

Индексированные цвета кодируются в виде так называемых *цветовых таблиц* (color lookup table, LUT), т. е. серий таблиц цветовых ссылок (индексов, откуда произошло название индексированных цветов). В этой таблице цвета уже предопределены как мелки в коробке пастели.

Несмотря на ограниченность палитры индексированных цветов с ними продолжают активно работать, например они используются в изображениях для Web-страниц. В этом режиме обеспечивается удачное сочетание параметров: небольшой размер графического файла, что предпочтительно для времени передачи, и относительно большой выбор цветов, что предпочтительно для пользователя.

При преобразовании полноцветного изображения в индексированное (редуцирование цветовой палитры) возможны различные режимы, которые позволят выбрать, какие потери наиболее допустимы.

В отличие от палитровых, элементы *полноцветных* изображений непосредственно хранят информацию о яркостях цветовых составляющих.

Выбор типа изображения зависит от решаемой задачи, от того, насколько полно и без потерь нужная информация может быть представлена с заданной глубиной цвета. Также следует учесть, что использование полноцветных изображений требует больших вычислительных затрат.

6.3 Форматы графических файлов

Рассмотрим несколько распространенных графических форматов и кратко охарактеризуем их возможности. Все эти сведения сведены в нижеследующую таблицу:

Формат	Макс. глуб. цвета	Макс. число цветов	Макс. размер изображения, пиксел	Методы сжатия	Кодирование нескольких изображений
BMP	24	16'777'216	65535x65535	RLE	-
GIF	8	256	65535x65535	LZW	+
JPEG	24	16'777'216	65535x65535	JPEG	-
PCX	24	16'777'216	65535x65535	RLE	-
PNG	48	281'474'976'710'656	2147483647x 2147483647	Deflation (LZ77)	-
TIFF	24	16'777'216	всего 4'294'967'295	LZW, RLE и другие*	+

Заметим, что глубокое представление цвета (например 32 бит/пиксел) реально оказывается практически неотличимым от данного при просмотре на современных мониторах и при распечатке на большинстве доступных принтеров. Такая глубина цвета может оказаться полезной разве только в издательской деятельности.

Кроме этого следует отметить, что форматы JPEG, GIF, PNG, являются платформо-независимыми. TIFF является частично платформенно-независимым, однако слишком объемен для использования в сети и, что еще хуже, слишком сложен для интерпретации.

6.3.1 Растровые графические форматы

Самый простой растровый **формат BMP** является родным форматом Windows, он поддерживается всеми графическими редакторами, работающими под ее управлением. В BMP данные о цвете хранятся только в модели RGB, поддерживаются как индексированные цвета (до 256 цветов), так и полноцветные изображения, причем в режиме индексированных цветов возможна простейшая компрессия RLE (Run Length

Encoding - кодирование с переменной длиной строки). Без компрессии размер файла оказывается близок к максимально возможному. Применяется для хранения растровых изображений, предназначенных для использования в Windows и, по сути, больше ни на что не пригоден. Использование BMP не для нужд Windows является распространенной ошибкой новичков: использовать BMP нельзя ни в web, ни для печати (особенно), ни для простого переноса и хранения информации.

Примерно такими же возможностями, как BMP, обладает и **формат PCX**, разработанный еще на заре компьютерной эпохи фирмой Z-Soft специально для своего графического редактора PC PaintBrush под операционную систему MS-DOS, отсутствует только поддержка операционной системы OS/2. Зато изображения в формате PCX можно посмотреть большинством программ под DOS, в том числе и внутренним просмотрщиком Norton Commander. Цветовые возможности: 1, 2, 4, 8 или 24- битовый цвет, поддерживается только схема RGB, причем полностью отсутствуют возможности сохранения монохромного изображения в оттенках серого. Всегда применяется сжатие ROB. Как и BMP, этот формат в значительной мере устарел и поддерживается современными графическими программами исключительно для совместимости с антикварным софтом.

Формат GIF, разработанный компанией CompuServe, и изначально предлагавшийся именно как формат для обмена изображениями в сети является форматом с достаточно высокой степенью сжатия изображения. Небольшие размеры файлов изображений обусловлены применением алгоритма сжатия без потерь качества LZW, благодаря чему изображения в этом формате наиболее удобны для пересылки по все еще узким каналам связи глобальной сети. Кроме того, GIF обладает дополнительными возможностями, которые делают его использование в сети привлекательным.

- использование режима индексированных цветов (не более 256), что ограничивает область применения формата изображениями, имеющими резкие цветовые переходы;
- возможность изменения порядка вывода на экран строк изображения, с заполнением промежутков между ними временной информацией. Визуально это выглядит так, что по мере загрузки из сети (что происходит нередко с катастрофически низкой скоростью) изображение на экране появляется как бы "в низком качестве", а затем, по мере подгрузки дополнительной информации, восстанавливает пропущенные строки изображения;
- возможность хранения в одном файле более, чем одного изображения, что делает возможной элементарную покадровую анимацию;
- возможность, один из цветов объявить "прозрачным", и тогда при выводе изображения те его части, которые выкрашены этим цветом не будут выводиться на экран и под ними будет виден фон, на который изображение накладывается;

Основное ограничение формата GIF состоит в том, что цветное изображение может быть записано только в режиме 256 цветов, что в последнее время становится все менее и менее приемлемым. Для полиграфии этого явно недостаточно.

Формат PNG, являющийся плодом трудов сообщества независимых программистов, появился на свет как ответная реакция на переход популярнейшего формата GIF в разряд коммерческих продуктов. Этот формат, сжимающий графическую информацию без потерь качества, используя алгоритм Deflate, в отличие от GIF или TIFF сжимает растровые изображения не только по горизонтали, но и по вертикали, что обеспечивает более высокую степень сжатия и поддерживает цветные фотографические изображения вплоть до 48-битных включительно. Как недостаток формата часто упоминается то, что он не дает возможности создавать анимационные ролики, хотя сейчас, при повальном переходе практически всей анимации на технологию Flash, это уже совсем не актуально. Зато формат PNG позволяет создавать изображения с 256 уровнями прозрачности за счет

применения дополнительного альфа-канала с 256 градациями серого что, безусловно, выделяет его на фоне всех существующих в данный момент форматов. В числе других отличительных особенностей этого формата можно отметить двумерную чересстрочную развертку (т.е. изображение проявляется постепенно не только по строкам, но и по столбцам) и встроенную гамма-коррекцию, позволяющую сохранять изображения, яркость которых будет неизменна не только на любых машинах PC, но и на таких альтернативных платформах, как Mac, Sun или Silicon Graphics. Так как формат создавался для интернета, в его заголовке не предназначено место для дополнительных параметров типа разрешения, поэтому для хранения изображений, подлежащих печати, PNG плохо подходит, для этих целей лучше подойдет PSD или TIFF. Зато он хорош для публикации высококачественной растровой графики в интернете.

Но широкое распространение этого, поистине передового формата сдерживают и некоторые его недостатки. Так, формат PNG значительно уступает своему предшественнику, GIF-у, в тех случаях, когда речь идет о мелких элементах оформления веб-страниц, таких, как кнопки, рамки и т.п. Проблема заключается в том, что в файле изображения около 1 Кб занимает описание палитры цветов, что порой бывает сопоставимо с размером самого изображения. Существуют 2 основных типа формата:

- PNG8 - для рисунков и фотографий в моделях Grayscale и Indexed (недеструктивное сжатие);
- PNG24 - для рисунков и фотографий в модели RGB (недеструктивное сжатие).

Самый популярный формат для хранения фотографических изображений **JPEG (или JPG)** является общепризнанным стандартом в интернете. JPEG может хранить только 24-битовые полноцветные изображения. Одноименный с форматом, достаточно сложный алгоритм сжатия основан на особенностях человеческого зрения (используется представление блока пикселей 8x8 одним цветом с сохранением информации о яркости плюс метод Хаффмана и, в зависимости от степени компрессии, некоторые другие ухищрения).

Хотя JPEG отлично сжимает фотографии, но это сжатие происходит с потерями и портит качество, тем не менее, он может быть легко настроен на минимальные, практически незаметные для человеческого глаза, потери. Однако не стоит использовать формат JPEG для хранения изображений, подлежащих последующей обработке, так как при каждом сохранении документа в этом формате процесс ухудшения качества изображения носит лавинообразный характер. Наиболее целесообразно будет корректировать изображение в каком-нибудь другом подходящем формате, например TIFF, и лишь по завершению всех работ окончательная версия может быть сохранена в JPEG. Таким образом, можно сохранить вполне приемлемое качество изображения при минимальном размере итогового файла.

Формат JPEG пригоден в подавляющем большинстве случаев только для публикации полноцветных изображений, типа фотографических, в интернете.

Новый открытый стандарт **JPEG 2000**, в разработке которого приняли участие Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization), Международный союз телекоммуникаций (International Telecommunications Union), компании Agfa, Canon, Fujifilm, Hewlett-Packard, Kodak, LuraTech, Motorola, Ricoh, Sony и др., обещает разрубить этот гордиев узел и с лихвой удовлетворить требованиям, предъявляемым к изображениям в различных сферах современного производства (издательском деле, цифровой фотографии, Internet-технологиях и проч.).

JPEG2000 позволяет сжимать изображения в 200 раз без заметной для глаза человека потери качества. Основным отличием JPEG2000 от предыдущей версии этого формата является сжатие с использованием алгоритма волнового преобразования (изображение

описывается с помощью математических выражений как непрерывный поток) вместо преобразования Фурье, что и позволяет предотвратить появление характерных блоков. Допустимо также без ущерба модифицировать (масштабировать, редактировать) рисунок, сохраненный в этом формате.

Алгоритм волнового преобразования позволяет просматривать и распечатывать одно и то же изображение при различных (заданных пользователем) значениях разрешения и с требуемой степенью детализации. Благодаря этой особенности JPEG2000, очевидно, быстро найдет свое место в сети Internet, поскольку обеспечит возможность загружать картинку с разными значениями разрешения в зависимости от пропускной способности конкретного канала связи. Да и тот факт, что пользователи Internet смогут получать изображения высокого качества, немаловажен.

Еще одно значимое преимущество JPEG2000 — возможность управлять 256 цветовыми каналами, что позволит получать качественные цветные изображения.

Формат TIFF был разработан компанией Aldus для своего графического редактора PhotoStyler, впрочем, уже почившего в бозе, однако самому формату была уготована гораздо более долгая жизнь. Как универсальный формат для хранения растровых изображений, TIFF достаточно широко используется, в первую очередь, в издательских системах, требующих изображения наилучшего качества. Кстати, возможность записи изображений в формате TIFF является одним из признаков высокого класса современных цифровых фотокамер.

Благодаря своей совместимости с большинством профессионального ПО для обработки изображений, формат TIFF очень удобен при переносе изображений между компьютерами различных типов (например, с PC на Mac и обратно).

Формат PSD является стандартным форматом пакета Adobe Photoshop и отличается от большинства обычных растровых форматов возможностью хранения слоев (layers). Он содержит много дополнительных переменных (не уступает TIFF по их количеству) и сжимает изображения, используя алгоритм сжатия без потерь RLE Packbits, иногда даже сильнее, чем PNG (только в тех случаях, когда размеры файла измеряются не в килобайтах, а в десятках или даже сотнях мегабайт). Формат поддерживает глубины цвета, вплоть до 16 бит на канал (48-битные цветные и 16-битные черно-белые), а также альфа-каналы, слои, контуры, прозрачность, векторные надписи и т. п. Прекрасно подойдет для переноса или хранения изображений, содержащих специфические, свойственные только Adobe Photoshop, элементы. Файлы PSD свободно читаются большинством популярных просмотрщиков, но не стоит забывать, что, открыв эти файлы в некоторых графических редакторах третьих фирм, даже декларирующих поддержку формата PSD, можно потерять значительную часть их специфических возможностей (особенно в части работы со слоями, см. серию наших статей "Adobe Photoshop, первые шаги").

6.3.2 Векторные графические форматы

Среди векторных форматов, в отличие от растровых, идея хоть какой-то разумной стандартизации проявляется значительно слабее. Разработчики практически всех векторных графических программ предпочитают иметь дело только со своими собственными форматами, что связано, скорее всего, со спецификой алгоритмов формирования векторного изображения. Но, так как возможность переноса файлов между различными приложениями в векторной графике не менее актуальна, чем в растровой, то своего рода стандартом стали файловые форматы двух наиболее популярных профессиональных графических пакетов - Adobe Illustrator и CorelDRAW.

Первый из них, **AI (Adobe Illustrator)**, поддерживают практически все программы, так или иначе связанные с векторной графикой. Этот формат является наилучшим посредником при передаче изображений из одной программы в другую, с PC на Macintosh и наоборот. В целом, несколько уступая CorelDRAW по иллюстративным возможностям, (может содержать в одном файле только одну страницу, имеет маленькое рабочее поле - этот параметр очень важен для наружной рекламы - всего 3х3 метра) тем не менее, он отличается наибольшей стабильностью и совместимостью с языком PostScript, на который ориентируются практически все издательско-полиграфические приложения.

Довольно противоречивым является **формат CDR**, основной рабочий формат популярного пакета CorelDRAW, являющимся неоспоримым лидером в классе векторных графических редакторов на платформе PC. Имея сравнительно невысокую устойчивость и проблемы с совместимостью файлов разных версий формата, тем не менее формат CDR, особенно последних, 7-й и 8-й версий, можно без натяжек назвать профессиональным. В файлах этих версий применяется раздельная компрессия для векторных и растровых изображений, могут внедряться шрифты, файлы CDR имеют огромное рабочее поле 45х45 метров, поддерживается многостраничность.

WMF - еще один родной формат Windows, на сей раз векторный. Понимается практически всеми программами Windows, так или иначе связанными с векторной графикой. Однако, несмотря на кажущуюся простоту и универсальность, пользоваться форматом WMF стоит только в крайних случаях, поскольку он не может сохранять некоторые параметры, которые могут быть присвоены объектам в различных векторных редакторах, не воспринимается Macintosh-ами, и, самое главное, способен исказить цветовую схему изображения.

6.4 Простейшая обработка фотоизображения.

При работе с изображениями часто возникает необходимость каким-то особым образом изменить его некоторые характеристики. Например, можно сократить выдержку фотоизображения, уменьшив цветовые значения пикселей. При необходимости, красную, зеленую и синюю компоненты можно изменять раздельно, чтобы получить наилучший цветовой баланс. Задача цветокоррекции применяется и в других областях: создание текстур при моделировании объектов, выравнивание гистограмм изображений и многое другое. Все это порождает множество постановок задачи цветокоррекции. В то же время заметим, что не все из перечисленных преобразований легко выполнимы алгоритмически. Ниже будут рассмотрены простейшие задачи по преобразованию изображений фотографического качества.

Яркость точки и гистограммы изображения. Яркость точки находится по формуле, коэффициенты которой определяются свойствами человеческого зрения:

$$Y=0,299R + 0,5876G + 0,114B$$

Гистограммой в данном случае называется так или иначе представленная (например, в виде столбчатой диаграммы) зависимость числа повторений того/иного значения яркости на всём изображении от этого самого значения (то есть сколько раз встречается абсолютно чёрная точка, абсолютно белая и др.); при этом можно рассматривать 4 гистограммы: по 3 каналам и по вычисленной яркости.

Изменения яркости и контрастности. Эти изменения можно обобщить выражением «изменение баланса изображения», так как оба понятия – и яркость, и контрастность, – схожи и относятся к сфере восприятия изображения человеком.

Повышение/снижение яркости – это, соответственно, сложение/вычитание значения каждого канала с некоторым фиксированным значением (также в пределах от 0 до 255);

при этом обязательно необходимо контролировать выход нового значения канала за пределы диапазона 0..255.

Повышение/снижение контрастности – это, соответственно, умножение/деление значения каждого канала на некоторое фиксированное значение (в том числе действительное), что приводит к изменению соотношений между цветами и, соответственно, к более чётким цветовым границам. На практике же существует такой принцип: изменение контрастности не должно приводить к изменению средней яркости по изображению, поэтому пользуются следующей формулой:

$$Y = K * (Y_{old} - Y_{av}) + Y_{av},$$

где Y – новое значение одного из каналов, K – коэффициент контрастности ($K < 1$ – снижение, $K > 1$ – повышение контрастности), $OldY$ – текущее значение того же канала, $AveY$ – среднее значение того же канала по изображению (таким образом, алгоритм фактически является двухпроходовым). Обязательна всё та же коррекция нового значения при выходе его за границы 0..255.

Изменение цветности. Под изменением цветности здесь понимается изменение спектра цветов, используемых в изображении. Минимальные преобразования – бинаризация, оттенки серого и получение негатива.

Бинаризация – это преобразование изображения, в общем случае, к одноцветному (чаще всего к черно-белому). В терминах Photoshop это ещё называется «по уровню 50%», так как при этом выбирается некий порог (например, посередине), все значения ниже которого превращаются в цвет фона, а выше – в основной цвет. Само преобразование можно осуществлять по каналам, но в этом случае результирующее изображение не будет в прямом смысле бинарным (чёрно-белым), а будет содержать 8 чистых цветов, представляющих собой комбинации чистых красного, зелёного и голубого цветов, то есть будет бинарным по каналам. Поэтому лучше проводить преобразование над «полным» цветом точки.

Преобразование к оттенкам серого заключается в получении яркости каждой точки по известной формуле и последующем копировании полученного значения по все три канала ($R=G=B=Y$).

И, наконец, негатив получается простой заменой значения каждого канала на его дополнение до 255 (например, $R=255-R$).