

Д. Ф. Миронов

Компьютерная графика в дизайне



bhv®



Д. Ф. Миронов

Компьютерная графика в дизайне

Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию
в области прикладной информатики в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по специальности 080801 "Прикладная математика"
и другим междисциплинарным специальностям

Санкт-Петербург

«БХВ-Петербург»

2008

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2
М64

Миронов Д. Ф.

М64 Компьютерная графика в дизайне: учебник. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 560 с.: ил. — (Учебная литература для вузов)

ISBN 978-5-9775-0181-1

Рассмотрены фундаментальные понятия и концепции компьютерной графики, информационные модели цвета, модели векторного и пиксельного изображений и приемы работы с ними. Основное преимущество учебника в том, что изложение материала не привязано к конкретным программным продуктам. Подробное описание практических методов векторной и пиксельной графики дополнено многочисленными примерами и иллюстрациями, приведен словарь основных терминов компьютерной графики.

*Для студентов и преподавателей вузов и пользователей,
интересующихся компьютерной графикой*

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Татьяна Лапина</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Леонид Кочин</i>
Компьютерная верстка	<i>Натальи Караваевой</i>
Корректор	<i>Зинаида Дмитриева</i>
Дизайн серии	<i>Инны Тачиной</i>
Оформление обложки	<i>Елены Беляевой</i>
Фото	<i>Кирилла Сергеева</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 30.05.08.

Формат 70×100¹/₁₆. Печать офсетная. Усл. печ. л. 45,15.

Тираж 2000 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 194354, Санкт-Петербург, ул. Есенина, 5Б.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию
№ 77.99.60.953 Д.002108.02.07 от 28.02.2007 г. выдано Федеральной службой
по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП "Типография "Наука"

199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

ISBN 978-5-9775-0181-1

© Миронов Д. Ф., 2008

© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2008

Оглавление

Введение.....	1
Структура учебника	3
Аппаратные и программные средства	5
Обращение к студентам	6
Благодарности	7
 ЧАСТЬ I. ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ И ЦВЕТ	9
 1.1. Предмет компьютерной графики, ее инструментарий и прикладные области	11
1.1.1. Предмет компьютерной графики	11
1.1.2. Объектная диаграмма предметной области компьютерной графики	12
1.1.3. Информационные модели	13
1.1.4. Программные средства.....	13
1.1.5. Аппаратные средства.....	16
Процессор и оперативная память	16
Накопители	17
Видеокарты	17
Мониторы и видеопроекторы	18
Печатающие устройства	19
Устройства графического ввода	20
1.1.6. Области, в которых широко используется компьютерная графика.....	21
Дизайн и художественное творчество.....	22
Массмедиа и полиграфия	23
Анимация	23
Кинематография	24
Трехмерное моделирование	24

Фотография.....	25
Автоматизация проектирования	26
Деловая графика.....	26
Список новых терминов.....	27
Контрольные вопросы	27
Темы для обсуждения.....	29
1.2. Информационные модели изображений	30
1.2.1. Концепция информационной модели изображения	30
1.2.2. Схема работы с информационной моделью изображения	32
1.2.3. Векторная информационная модель	37
1.2.4. Пиксельная информационная модель	41
Список новых терминов.....	45
Контрольные вопросы	46
Темы для обсуждения.....	48
1.3. Информационные модели цвета	49
1.3.1. Природа цвета и физиологические основы его восприятия	49
Функции цвета в изображении.....	49
Свет.....	50
Спектральное распределение	52
1.3.2. Излученный и отраженный свет.....	54
Излученный свет	54
Отраженный свет.....	56
Роль внешнего источника света.....	58
1.3.3. Ахроматические модели	58
Штриховая модель	59
Монохромная модель.....	60
1.3.4. Модель индексированного цвета	62
Имитация цвета	64
1.3.5. Аддитивная модель.....	65
Модель RGB	66
Цветность и треугольник цветности	68
Цветовой круг.....	69
Достоинства и недостатки модели цвета RGB	69
Стандартные цветовые пространства RGB.....	70
Модели XYZ и xyY	71
1.3.6. Субтрактивная модель.....	77
1.3.7. Модели HSB и HSL.....	79
1.3.8. Модель Lab	81
1.3.9. Системы цветосовмещения.....	83
1.3.10. Цветовые модели повышенной точности	84

1.3.11. Системы управления цветом	85
Причины, вызывающие необходимость управления цветом.....	85
Состав и функции систем управления цветом	87
Процесс сохранения семантики цвета.....	88
1.3.12. Методы преобразования цветовых пространств.....	89
Перцептивный метод преобразования цветовых пространств	90
Преобразование цветовых пространств с сохранением насыщенности цвета	90
Относительный колориметрический метод преобразования цветовых пространств.....	91
Абсолютный колориметрический метод преобразования цветовых пространств.....	91
Преобразование цветовых пространств и потеря визуальной информации	91
1.3.13. Профили ICC и калибрование устройств графического ввода и вывода	92
Профилирование устройств графического ввода	94
Профилирование мониторов	95
Профилирование устройств графического вывода.....	95
Список новых терминов.....	96
Контрольные вопросы	98
Темы для обсуждения.....	102

ЧАСТЬ II. ВЕКТОРНАЯ ГРАФИКА..... 103

2.1. Объектно-ориентированное графическое моделирование..... 105

2.1.1. Графические объекты и их классы.....	105
2.1.2. Атрибуты класса графических объектов.....	107
2.1.3. Методы класса графических объектов	109
2.1.4. Форматы графических файлов векторных графических документов	110
Формат графического редактора CorelDRAW (CDR)	110
Формат графического редактора Adobe Illustrator (AI)	111
Форматы системы AutoCAD	111
Формат PostScript	112
Формат Encapsulated PostScript (EPS)	112
Формат Computer Graphics Metafile.....	112
Формат Scalable Vector Graphics.....	113
Формат Windows Metafile.....	113
Список новых терминов.....	113
Контрольные вопросы	114

2.2. Параметрические примитивы	115
2.2.1. Параметризация графического объекта.....	115
2.2.2. Прямоугольники	118
2.2.3. Эллипсы	119
2.2.4. Многоугольники и звезды.....	121
2.2.5. Стандартные фигуры	124
Список новых терминов.....	124
Контрольные вопросы	125
Темы для обсуждения.....	125
2.3. Информационная модель линии.....	126
2.3.1. Линии, узлы и сегменты.....	126
Информационная модель узла и ее графическое представление	127
Типы узлов	129
Специфические атрибуты и методы узла.....	130
2.3.2. Замкнутость и односвязность	130
2.3.3. Приемы построения.....	132
2.3.4. Приемы редактирования	133
Выделение узлов и сегментов	133
Перемещение узла	134
Разрезание и слияние узлов.....	134
Добавление и удаление узла.....	134
Изменение типа узла или сегмента.....	135
Перемещение направляющих рукояток узла.....	135
Соединение и разъединение	136
Замыкание линии.....	137
Изменение направления линии	137
Сглаживание линии.....	137
2.3.5. Преобразование в линии	138
2.3.6. Логические операции	138
Объединение	139
Пересечение	139
Исключение	140
Список новых терминов.....	142
Контрольные вопросы	142
Темы для обсуждения.....	144
2.4. Обводка и заливка объектов	145
2.4.1. Обводка.....	145
Информационная модель обводки.....	146
Толщина	146

Вид	147
Завершители	147
Углы	148
Наконечники	149
Цвет	149
Масштабируемость толщины	150
Отделение обводки	150
Настройка пишущего инструмента	151
2.4.2. Однородная заливка	151
2.4.3. Градиентная и сетчатая заливки	154
Градиентные заливки	154
Сетчатая заливка	160
2.4.4. Заливки узором	161
Заливки штриховым узором	162
Заливки векторным или пиксельным полноцветным узором	163
Заливки PostScript	163
Текстурные заливки	164
Список новых терминов	165
Контрольные вопросы	166
Темы для обсуждения	168
2.5. Информационная модель векторного текста	169
2.5.1. Фигурный текст	169
2.5.2. Атрибуты фигурного текста	171
Гарнитура	171
Кегль	172
Начертание	172
Подчеркивание	173
Регистр	173
Индекс	174
Смещение символов	174
Выравнивание	175
Интерлиньяж	177
Трекинг	177
2.5.3. Простой текст	178
2.5.4. Атрибуты простого текста	180
Атрибуты интервалов	180
Атрибуты переноса слов	181
Атрибуты отступов	182
2.5.5. Режимы обтекания объектов текстом	183

2.5.6. Верстка простого текста.....	185
Разметка модульной сетки	185
Ввод или импорт текста и его размещение.....	186
Настройка форматирования	187
Кернинг пар	187
2.5.7. Многоколонный набор	188
2.5.8. Текстовые эффекты	189
Буквица.....	189
Маркированный список.....	190
2.5.9. Текст на траектории.....	191
Ориентация символов текста относительно траектории.....	192
Смещение начальной точки и базовой линии	193
Зеркальное отражение относительно траектории	194
Несколько текстов на траектории.....	194
Список новых терминов.....	195
Контрольные вопросы	196
Темы для обсуждения.....	198
2.6. Работа с графическими объектами	199
2.6.1. Выделение	199
2.6.2. Размещение.....	200
2.6.3. Привязки	201
Привязка к координатной сетке.....	201
Привязка к направляющим.....	202
2.6.4. Выравнивание	203
2.6.5. Распределение	204
2.6.6. Масштабирование и отражение.....	205
2.6.7. Поворот	207
2.6.8. Копирование, дублирование и клонирование	207
2.6.9. Скос	208
2.6.10. Блокировка	210
Список новых терминов.....	210
Контрольные вопросы	211
Темы для обсуждения.....	212
2.7. Агрегация графических объектов	213
2.7.1. Слои векторного изображения	213
Стопка объектов	213
Стандартные слои	215
Мастер-слои	216
2.7.2. Группы объектов.....	217
2.7.3. Стандартные фрагменты	218

Список новых терминов.....	220
Контрольные вопросы	220
Темы для обсуждения.....	221
2.8. Составные графические объекты.....	222
2.8.1. Специальные линии	223
Плакатное перо	223
Линии переменной ширины	224
Мазки	226
Распылитель	227
Размерные схемы	227
Коннекторы	231
2.8.2. Огибающие и деформации	232
Огибающие	232
Центробежная и центростремительная деформации	234
Деформация зигзага	236
Деформация скручивания	237
2.8.3. Перспектива	239
2.8.4. Тени	239
2.8.5. Экструзия	243
Базовые тела экструзии	244
Заливка тел экструзии	246
Освещение тел экструзии	247
Вращение тел экструзии	247
2.8.6. Пошаговые переходы и ореолы	248
Базовые пошаговые переходы	249
Пошаговые переходы по траектории	251
Составные и разделенные пошаговые переходы	253
Пошаговые переходы с незамкнутыми управляющими объектами	254
Ореолы	255
2.8.7. Линзы	257
Полупрозрачная линза	258
Масштабирующая линза	259
Осветляющая линза	260
Линза негативного изображения	261
Каркасная линза	262
Линза "рыбий глаз"	262
Линза монохромного изображения	263

Режим исключения фона	263
Выносные точки обзора	264
Фиксация преобразования линзы	264
2.8.8. Прозрачность и полупрозрачность в векторном изображении	265
2.8.9. Фигурная обрезка	268
Список новых терминов	270
Контрольные вопросы	272
Темы для обсуждения	277
2.9. Коллаж с применением векторных и пиксельных изображений	278
2.9.1. Импортированные пиксельные изображения	279
2.9.2. Пиксельные эффекты и фильтры	280
2.9.3. Растеризация векторных объектов	281
2.9.4. Векторизация пиксельных объектов	283
2.9.5. Автоматическая векторизация	283
2.9.6. Ручная векторизация	285
2.9.7. Базовые приемы коллажа	286
Список новых терминов	289
Контрольные вопросы	289
Темы для обсуждения	290
2.10. Вывод векторных изображений	291
2.10.1. Форматы сохранения и экспорта	291
Формат Adobe PostScript	292
Формат Encapsulated PostScript	292
Формат CorelDRAW	293
Формат Adobe Illustrator	294
Формат SVG	294
Формат PDF	294
Форматы WMF и EMF	295
Форматы AutoCAD	295
Форматы пиксельной графики	295
2.10.2. Настройка печатающего устройства	296
2.10.3. Макет печатного документа	297
Список новых терминов	300
Контрольные вопросы	301
Темы для обсуждения	302

ЧАСТЬ III. ПИКСЕЛЬНАЯ ГРАФИКА	303
3.1. Разрешение и размеры пиксельного изображения	305
3.1.1. Визуальное смыкание	305
3.1.2. Разрешение и размеры изображения	307
3.1.3. Разрешающая способность устройств ввода и вывода	309
Разрешающая способность при съемке	309
Разрешающая способность при сканировании	310
Разрешающая способность при выводе	312
3.1.4. Оптимальное разрешение при выводе	313
Экранные приложения	313
Вывод твердой копии	314
3.1.5. Изменение размеров раstra	324
Увеличение числа пикселей изображения	324
Уменьшение числа пикселей в изображении	326
Рекомендации по изменению размеров изображения	326
Список новых терминов	327
Контрольные вопросы	328
Темы для обсуждения	330
3.2. Источники пиксельных изображений	331
3.2.1. Создание и сохранение документа с пиксельным изображением	331
3.2.2. Коллекции изображений	332
3.2.3. Сканирование	334
Типы сканеров	334
Искажения при сканировании	337
Процедура сканирования	338
3.2.4. Цифровая фотография	340
3.2.5. Трехмерное моделирование	341
3.2.6. Импорт из программ	342
Список новых терминов	343
Контрольные вопросы	343
Темы для обсуждения	344
3.3. Основные форматы пиксельных графических файлов	345
3.3.1. Сжатие данных пиксельной информационной модели	345
Алгоритм RLE	346
Алгоритм LZW	347
Алгоритм JPEG	347
3.3.2. Формат BMP	348

3.3.3. Формат PCX	348
3.3.4. Формат GIF	348
3.3.5. Формат TIFF	349
3.3.6. Формат JPEG	350
3.3.7. Формат PCD	351
3.3.8. Формат EPS	351
3.3.9. Формат PNG	352
3.3.10. Формат PSD	352
3.3.11. Формат DCS	352
Список новых терминов	353
Контрольные вопросы	353
Темы для обсуждения	354
3.4. Документы на основе пиксельной информационной модели	355
3.4.1. Пиксельный документ. Слои и рендеринг	356
Окна графических документов	356
Слои пиксельного документа	357
3.4.2. Прозрачность и полупрозрачность	361
3.4.3. Режимы наложения слоев	364
Нормальный режим	364
Режим растворения	365
Режим умножения	366
Режим осветления	367
Режим перекрытия	368
Режим разности	369
3.4.4. Каналы цвета	370
Список новых терминов	371
Контрольные вопросы	372
Темы для обсуждения	373
3.5. Выделение части пиксельного изображения	374
3.5.1. Выделенная область	374
3.5.2. Основные методы выделения области изображения	376
Первичное построение выделенной области	376
Отображение выделенной области	377
3.5.3. Модификация выделенной области	378
Трансформация выделенной области	378
Логические операции над выделенными областями	379
Сжатие и расширение выделенной области	380
Сглаживание границы выделенной области	380
Растушевка границы выделенной области	382

3.5.4. Маски и маскирование. Альфа-каналы.....	383
Понятие маски	383
Альфа-каналы	385
Маски слоя	387
Макетные группы	388
Список новых терминов	389
Контрольные вопросы	389
Темы для обсуждения.....	390
3.6. Базовая техника работы с пиксельными изображениями	391
3.6.1. Штриховые изображения	391
Рисование и стирание	391
Тоновая отсечка.....	394
Технологический цикл для штриховых изображений.....	394
3.6.2. Монохромные изображения. Тоновая коррекция.....	396
Рисование и стирание	397
Преобразование из цветного изображения	398
Тоновая коррекция	398
Коррекция контурной резкости	405
Технологический цикл для монохромных изображений	409
3.6.3. Градационные кривые	410
Понятие градационной кривой	410
Типовые формы градационных кривых	411
3.6.4. Полноцветные изображения	417
Выбор цветовой модели	417
Методы выбора цвета	418
Рисование и стирание	419
Тоновая и цветовая коррекция	419
Работа с плашечными цветами	420
Технологический цикл для полноцветных изображений.....	421
3.6.5. Монтаж пиксельного изображения. Коллаж.....	421
Слои и маски слоя	421
Градиентные маски	423
Трансформации	423
Список новых терминов	424
Контрольные вопросы	425
Темы для обсуждения.....	428
3.7. Цветовая коррекция	429
3.7.1. Причины, вызывающие необходимость цветовой коррекции, и ее цели.....	429
3.7.2. Выбор цветовой модели для цветовой коррекции.....	430

3.7.3. Ахроматические точки и цветовые пробы	431
3.7.4. Идентификация искажения цвета.....	432
3.7.5. Устранение искажений цвета с помощью тоновой коррекции по градационной кривой	435
3.7.6. Полная схема цветовой коррекции	437
3.7.7. Выборочная цветовая коррекция запоминающихся цветов	438
3.7.8. Коррекция цветовой насыщенности и контурной резкости	440
Список новых терминов.....	441
Контрольные вопросы	441
Темы для обсуждения.....	442
3.8. Тексты в составе пиксельного изображения.....	443
3.8.1. Текстовые слои	443
3.8.2. Оболочки и эффекты слоя.....	445
3.8.3. Текст и векторные траектории	446
3.8.4. Растеризация текста.....	448
Список новых терминов.....	449
Контрольные вопросы	449
Темы для обсуждения.....	449
3.9. Дополнительная техника работы с пиксельными изображениями	450
3.9.1. Фильтры эффектов.....	450
3.9.2. Раздельная регулировка контрастности изображения	455
3.9.3. Обесцвечивание, раскрашивание и перекрашивание.....	457
3.9.4. Псевдовекторизация и изогелия	460
3.9.5. Дуплексы	461
3.9.6. Текстуризация	463
3.9.7. Инверсия и соляризация.....	464
3.9.8. Постеризация.....	467
3.9.9. Имитация традиционной графической и живописной техники	468
Акварель.....	468
Масляные и акриловые краски	470
Пастель	473
3.9.10. Имитация традиционной графической техники	474
Линейная техника.....	474
Мел, уголь, сангина, мягкий карандаш	474
Шелкография	477
Список новых терминов.....	478
Контрольные вопросы	479
Темы для обсуждения.....	480

3.10. Основные приемы ретуши пиксельных изображений	481
3.10.1. Устранение артефактов	482
3.10.2. Ослабление муара, возникающего при сканировании	483
3.10.3. Коррекция тонового диапазона	486
3.10.4. Коррекция резкости	486
3.10.5. Восстановление цвета	487
3.10.6. Восстановление утраченных и удаление нежелательных фрагментов изображения	488
Список новых терминов	489
Контрольные вопросы	489
Темы для обсуждения	490
3.11. Допечатная подготовка	491
3.11.1. Полиграфический растр и растрирование	491
3.11.2. Деграция деталей при печати	493
3.11.3. Преобразование цветовой модели	495
3.11.4. Цветоделение, деленные формы и приводка цветов	495
3.11.5. Треппинг	497
Список новых терминов	499
Контрольные вопросы	499
Темы для обсуждения	500
Глоссарий	501
Предметный указатель	531

*С любовью и благодарностью посвящается
супруге автора Ирине Мироновой*

Введение

Настоящее издание представляет собой базовый учебник по дисциплине "Компьютерная графика", которая появилась в учебных программах вузов сравнительно давно, но раньше преподавалась только студентам технических специальностей. В современных условиях компьютерная графика стремительно превращается в базовый курс, ее приемы и концепции интенсивно используются во многих смежных дисциплинах, в том числе и считавшихся до последнего времени сугубо гуманитарными. Поэтому ее изучение стало необходимым и для студентов, не имеющих достаточной подготовки по циклам точных наук, на знании которых обычно основывался курс компьютерной графики. Настоящая книга адресована в первую очередь студентам, обучающимся по специальности 351400 "Прикладная информатика в дизайне". Ее структура соответствует разделу "Компьютерная графика" Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по данной специальности.

Эта книга может также оказаться полезной всем, кто имеет дело с применением компьютерной графики в самых разных сферах деятельности: школьникам, студентам, специалистам по рекламе и по связям с общественностью, работникам издательств, фотографам (как любителям, так и профессионалам), разработчикам публикаций, размещаемых в компьютерных сетях.

Всем перечисленным специалистам необходимо владеть программными средствами и приемами работы с объектами компьютерной графики, в первую очередь с изображениями, представленными в цифровой форме. Эти средства и приемы чаще всего осваивают с помощью учебника-самоучителя по той или иной программе. На сегодняшний день издано множество таких учебников, но в подавляющем большинстве этих книг не рассматриваются фундаментальные понятия компьютерной графики. По этой причине у многих практиков нет понимания основных концепций дисциплины, из-за чего часто

возникает недостаточное владение приемами и навыками, что неизбежно влечет за собой очень низкое качество всей работы. Усугубляет ситуацию отсутствие стандартной терминологии, — компьютерная графика еще сравнительно молода, постоянно развивается, и среди ее терминов встречается много неологизмов и транслитерированных слов, об использовании которых даже у авторитетных специалистов в области компьютерной графики еще нет общего мнения. Процесс снижения уровня профессионализма во владении средствами компьютерной графики сегодня зашел настолько далеко, что даже сам термин "компьютерная графика" зачастую трактуется как синоним низкого качества и дурного вкуса.

Безусловно, качество объектов визуальной коммуникации в первую очередь определяется степенью креативности автора, его талантом и вкусом. Но для реализации своего замысла автору необходимо воспользоваться техническими приемами. Недостаточное знание и понимание этих приемов или концепций, лежащих в их основе, увеличивает долю рутинных операций, оставляя меньше времени для творческого процесса. Кроме того, зачастую именно понимание возможностей технических приемов может подсказать новую идею, нетривиальное творческое решение.

Наличие самого современного компьютера с огромными ресурсами и новейшими версиями графических программ само по себе не обеспечивает высокого качества результатов труда их владельца — для этого нужны еще талант, вкус и знания. Но при достаточно хорошем понимании основ компьютерной графики можно в полной мере овладеть арсеналом технических приемов работы с графическими программами. Это, в свою очередь, позволит не только резко повысить эффективность творческого труда (за счет сокращения объема рутинных операций и ускорения их выполнения), но и перевести его на новый качественный уровень, высвобождая время автора для решения творческих задач, давая ему возможность сравнить множество вариантов реализации своих замыслов.

Во многих областях человеческой деятельности компьютерная графика обслуживает искусство, беря на себя роль его "технического арсенала". Сегодня пренебрежение этим арсеналом средств влечет за собой низкую эффективность труда, зачастую полную невозможность решения профессиональных задач в отведенные сроки. В настоящее время для большинства дизайнеров компьютер и программные средства работы с изображениями стали главными рабочими инструментами. То же можно сказать о полиграфистах, кинематографистах и художниках.

Приведенные соображения со всей очевидностью доказывают необходимость изучения основ компьютерной графики как отдельной дисциплины.

Структура учебника

Как уже упоминалось, эта книга представляет собой учебник по компьютерной графике для дизайнеров и информатиков-дизайнеров. В ней рассмотрены общие концепции компьютерной графики, информационные модели, в соответствии с которыми изображения представляются в памяти компьютеров, и приемы работы с этими моделями, позволяющие создавать и изменять изображения по замыслу автора.

Книга состоит из трех частей. В *части I* рассмотрена прикладная область, предмет, фундаментальные понятия и процессы компьютерной графики, а также ее применение.

В *главе 1.1* дано определение предмета компьютерной графики, сформулированы понятия информационной модели изображения, графического проектирования, программного и аппаратного инструментария компьютерной графики. Кратко описаны прикладные области, в которых широко используются методы и средства компьютерной графики.

В *главе 1.2* рассмотрена классификация информационных моделей изображений, обобщенный процесс графического проектирования, а также особенности векторной и пиксельной моделей.

В *главе 1.3* изложены вопросы, связанные с применением информационных моделей цвета в компьютерной графике. Приведено описание устройства и назначения основных моделей цвета, концепции системы управления цветом, профилирования и калибрования графических устройств.

В *части II* рассмотрена реализация информационной модели векторного изображения и приемы, составляющие ядро всех современных программных средств работы с векторными изображениями.

В *главе 2.1* сформулированы концепция объектно-ориентированного графического проектирования, понятия методов и атрибутов классов графических объектов, лежащие в основе большинства программных средств векторной графики.

В *главе 2.2* описаны параметрические примитивы, широко применяющиеся в графическом моделировании.

В *главе 2.3* рассмотрена информационная модель линии, составляющие ее подобъекты и приемы работы с ними, а также логические операции над графическими объектами.

Глава 2.4 содержит описание обводок и заливок — важнейших способов модификации внешнего вида векторных графических объектов.

Глава 2.5 посвящена векторной информационной модели текста, разновидностям векторного текста, основным операциям его верстки и преобразования.

Глава 2.6 посвящена неспецифическим операциям над объектами: аффинным преобразованиям, выравниванию, распределению, копированию, дублированию, клонированию и др.

В *главе 2.7* рассмотрены операции построения и разрушения структурных единиц векторного графического изображения, объединяющих в единые объекты совокупности графических объектов.

Глава 2.8 посвящена составным графическим объектам, обеспечивающим большую гибкость в создании графических объектов произвольной формы и их преобразовании.

В *главе 2.9* описаны приемы работы, применяемые в графических проектах, включающих в себя как пиксельные, так и векторные объекты.

Глава 2.10 посвящена выводу векторных изображений на печать.

В *части III* рассмотрены реализация информационной модели пиксельного изображения, ее прикладные аспекты, концепции и приемы, на основе которых построены все программные средства пиксельной графики и цифровой фотографии.

В *главе 3.1* описан растр — основа пиксельной информационной модели изображения и наиболее важные характеристики пиксельного изображения.

В *главе 3.2* приведен обзор источников пиксельных изображений и даны рекомендации по работе с этими источниками.

В *главе 3.3* перечислены наиболее распространенные форматы графических файлов на основе пиксельной информационной модели.

В *главе 3.4* обсуждается устройство графических документов на основе пиксельной информационной модели, рассматриваются ее важнейшие расширения: слои, прозрачность и каналы цвета.

Глава 3.5 содержит концепцию выделенной области, основные методы ее построения и работы с ней.

Глава 3.6 описывает базовые приемы работы с пиксельными изображениями в контексте задач, наиболее часто возникающих при графическом проектировании. Рассмотрена техника работы со штриховыми и монохромными изображениями, концепция и приемы выполнения их тоновой коррекции, особенности работы с цветными изображениями, приемы построения коллажа из нескольких изображений.

В *главе 3.7* изложены основы цветовой коррекции изображений, описаны приемы диагностики цветовых искажений, универсальная схема коррекции, селективная коррекция запоминающихся цветов.

Глава 3.8 посвящена особенностям работы с текстами в составе пиксельных графических документов.

В *главе 3.9* рассмотрены некоторые частные приемы работы с пиксельными изображениями: фильтры эффектов, гипертрофия контраста, обесцвечивание, раскрашивание и перекрашивание, дуплексы, текстуризация, соляризация и постеризация. Обширные разделы посвящены приемам имитации традиционной техники живописных и графических работ.

Глава 3.10 посвящена ретуши пиксельных изображений. В ней приведены специфические приемы, позволяющие устранять или подавлять дефекты фотографий и сканированных изображений.

В *главе 3.11* рассмотрены аспекты допечатной подготовки изображений методами компьютерной графики.

В *гlossарии* приведены определения важнейших терминов компьютерной графики.

Аппаратные и программные средства

В отличие от учебных курсов по программным средствам, для работы с этим учебником нет необходимости сразу садиться за компьютер — это можно и нужно будет сделать, когда придет осознание того или иного понятия, метода или приема и возникнет необходимость разобраться, как они реализованы в конкретной программе компьютерной графики.

Так что собственно *этот* учебник не накладывает дополнительных требований на конфигурацию и характеристики вашего компьютера. Данные ограничения приведены в учебниках по программным средствам компьютерной графики.

Что же касается необходимого программного обеспечения, то здесь требуются дополнительные разъяснения. Выбрав в качестве основы учебного курса те или иные графические редакторы, автор значительно упростил бы свою работу, но, увы, за счет снижения универсальности ее результата. Современные программные средства компьютерной графики сложны и ориентированы на практическое применение, у них обширные и изощренные интерфейсы пользователя, очень мало похожие один на другой. Из-за этого описание работы с программой А бесполезно для того, кто пользуется программой Б. Да и различные версии программы А могут довольно существенно отличаться друг от друга.

Вдобавок, описаний интерфейсов графических программ и методов работы с ними вполне достаточно — полки книжных магазинов и библиотек заполнены учебными курсами по конкретным графическим редакторам, некоторые из них весьма удачные. В каждом из курсов авторы подробно и с примерами показывают, как и в какой последовательности нужно действовать тем или иным инструментом. Но очень редко где написано, для чего эти действия нужны при графическом проектировании.

Автор ставил перед собой задачу создания такого учебника, который был бы полезен всем, начинающим заниматься компьютерной графикой и собирающимся применять ее методы в своей профессиональной деятельности — в первую очередь, конечно, дизайнерам. При этом не имеет значения, какими программами они пользуются сегодня или собираются воспользоваться завтра, поскольку везде, где это возможно, объекты компьютерной графики, ее концепции и приемы описаны инвариантно по отношению к конкретным программным средствам.

Последовательный отказ от привязки концепций и приемов к конкретным программным средствам привел к определенным сложностям с выбором терминов. К сожалению, одни и те же графические объекты и средства в различных программных пакетах называются по-разному. Дополнительную путаницу вносят переводчики. Автор старался пользоваться наиболее употребительными терминами, в отдельных случаях приводятся несколько терминов, все сколь либо важные понятия определены явным образом, и все определения сведены в приведенный в конце книги глоссарий.

Поэтому наиболее эффективной стратегией работы с этим учебником представляется его совместное изучение с двумя другими курсами: одним — по редактору векторных, другим — пиксельных изображений. Выбор конкретных программных средств остается за читателем.

Обращение к студентам

Компьютерная графика — удивительный симбиоз науки, творчества и технических достижений. В ее пространстве сегодня существует много специализаций, огромен перечень профессий, в которых применяются ее методы. Даже для не слишком глубокого ознакомления с компьютерной графикой может потребоваться очень много времени и усилий. А чтобы добиться в ней настоящего профессионализма, необходимо потратить на освоение теории и практики многие годы.

Автор надеется, что данная книга поможет вам взять хороший старт на этом пути. Он настаивает на том, что освоение теории компьютерной графики

должно идти одновременно с освоением соответствующих программных средств, и рекомендует работу с этой книгой сопровождать изучением прикладных курсов по программным средствам компьютерной графики, благо в хороших учебниках такого рода недостатка нет.

Искренне желаю вам успехов в обучении и творческой работе.

Дмитрий Миронов

Санкт-Петербург, ноябрь 2007 года

Благодарности

Автор благодарен многим людям, без помощи которых эта книга не состоялась бы.

В первую очередь это его коллеги по факультету информационных технологий и медиадизайна Санкт-Петербургского университета культуры и искусств, многолетнее сотрудничество с которыми дало автору очень много как в профессиональном, так и в личностном плане. Отдельные благодарности декану Т. В. Ляшенко и научному руководителю направления "Медиадизайн" Л. Н. Пахомовой.

Автор также признателен многим своим студентам, чей искренний интерес к компьютерной графике и энергия сыграли роль мощного стимула в работе над этой книгой.

Выражаю свою благодарность коллегам по Северо-Западной академии государственной службы, в первую очередь ректору А. С. Горшкову и первому проректору А. С. Тургаеву, за поддержку и помощь в многолетней работе.

Отдельные благодарности коллективу издательства "БХВ-Петербург", всем профессионалам, благодаря труду которых вышла в свет эта книга, в первую очередь В. А. Сергееву и Е. В. Кондуковой.

Автор благодарит В. М. Либермана, А. Д. Сухотина, А. С. Федорова, И. О. Крестовского за многолетнюю дружескую помощь и поддержку.

И наконец, я ничего не смог бы сделать без постоянной поддержки и понимания со стороны своей семьи, супруги Ирины и дочерей.

ЧАСТЬ I

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ И ЦВЕТ

1.1. Предмет компьютерной графики, ее инструментарий и прикладные области

В этой главе рассматривается предмет компьютерной графики как научно-прикладной дисциплины, выделяются ее разделы, имеющие непосредственное отношение к дизайну, и сферы практической деятельности, в которых в настоящее время требуется квалифицированный труд специалистов, получивших подготовку в области компьютерной графики.

1.1.1. Предмет компьютерной графики

Предмет компьютерной графики — автоматизированные информационные процессы, связанные с различными аспектами работы с изображениями, представленными в цифровом виде в соответствии с той или иной информационной моделью. В наиболее общей форме такие информационные процессы можно разбить на три категории:

- ❑ создание изображения при автоматическом или автоматизированном построении его информационной модели;
- ❑ модификация изображения с помощью воздействия на его информационную модель;
- ❑ преобразование изображения, представленного в формате информационной модели в объект визуальной коммуникации.

Первая категория информационных процессов формирует первичную информационную модель изображения, с которой впоследствии можно работать, внося в нее изменения средствами программ для работы с графикой, или сохранять в формате графических файлов для последующего использования. В результате этого будет создан ранее не существовавший файл, содержащий информационную модель, представленную в соответствии с тем или иным форматом. Пример такого процесса — сканирование изображения. Подробнее процессы первой категории рассмотрены в *главе 3.2 и разд. 2.9.5.*

Вторая категория включает в себя все, что относится к редактированию изображения. Пример такого процесса — составление коллажа из имеющихся изображений. Для процессов этой категории характерно внесение изменений в ранее построенную информационную модель с сохранением полученного результата в исходном или новом файле (файлах). Подобным процессам посвящена большая часть настоящего учебника.

Третья категория информационных процессов преобразует цифровое представление информационной модели изображения в объект, доступный для непосредственного визуального восприятия. Иногда эти процессы называют выводом изображения. Примером может служить печать цифровой фотографии в лаборатории или просмотр той же фотографии на экране компьютера. Подробнее эти процессы рассмотрены в *главе 2.10* и *разд. 3.1.5–3.1.6*.

1.1.2. Объектная диаграмма предметной области компьютерной графики

Под *предметной областью* понимается совокупность объектов, имеющих существенное отношение к той или иной сфере деятельности и важных для этой сферы связей между этими объектами. Объектная диаграмма (рис. 1.1.1) представляет собой схематическое графическое изображение этих объектов и связей.



Рис. 1.1.1. Объекты и связи в предметной области компьютерной графики

Семантика объектов и связей, представленных на объектной диаграмме, рассматривается в следующих разделах.

1.1.3. Информационные модели

Информационная модель объекта или явления — совокупность структурированных данных, достаточно полно описывающая существенные для задач моделирования (релевантные) аспекты этого объекта или явления, и операций, с помощью которых пользователь может изучать модель и вносить в нее изменения. Применение информационной модели взамен реального явления или объекта дает возможность работать с ними с помощью автоматизированных информационных технологий. Преимущества такого подхода по сравнению с традиционной технологией обработки изображений следующие:

- ☐ сокращение времени за счет использования быстродействующих компьютеров;
- ☐ удешевление благодаря исключению из процесса дорогостоящих материальных объектов;
- ☐ упрощение за счет удобной программной реализации сложных операций;
- ☐ возможность создания абсолютно точных копий изображений с пренебрежимо малыми затратами времени и средств;
- ☐ возможность доступа пользователя к изображениям через современные средства телекоммуникаций.

В приведенном списке перечислены только основные преимущества, но и их вполне достаточно, чтобы сделать очевидный вывод — работа с информационными моделями изображения средствами компьютерной графики позволяет резко увеличить эффективность труда во многих отраслях деятельности, связанной с созданием и обработкой изображений.

Информационная модель тесно связана с другим объектом предметной области компьютерной графики — программными средствами, поскольку только с их помощью можно построить и отредактировать информационную модель изображения, а также получить по этой модели изображение в визуально воспринимаемом виде.

1.1.4. Программные средства

Программным средством называется совокупность программных модулей, обеспечивающих автоматизацию выполнения операций с данными, представленными в формате той или иной информационной модели. Программные средства выполняют две основные функции:

- ☐ автоматизируют выполнение рутинных операций и их последовательностей за счет алгоритмов, реализованных в программных модулях;

- обеспечивают возможность воздействия пользователя на состав и значения параметров информационной модели через средства интерфейса пользователя (как правило, графического).

Программные средства обычно обеспечивают автоматизацию решения комплекса задач, относящихся к сравнительно четко очерченной прикладной области. В компьютерной графике чаще других встречаются следующие категории программных средств:

- графические редакторы;
- подключаемые модули (плагины);
- драйверы графических устройств;
- средства просмотра изображений;
- архиваторы изображений;
- средства тестирования и настройки аппаратных устройств.

Графический редактор представляет собой программное средство для организации работы пользователя по изменению состава и значений параметров информационной модели изображения. Такая работа называется редактированием, что и определяет название данной категории программных средств. Как правило, операции редактирования выполняются в интерактивном режиме. К наиболее известным (на момент написания книги — середину 2007 года) графическим редакторам относятся Adobe Photoshop CS3, CorelDRAW X3, Corel Painter 9.

Подключаемый модуль (плагин) представляет собой отдельно разрабатываемое и распространяемое программное средство для выполнения какой-либо специфической операции над информационной моделью изображения, не реализованной в составе графического редактора. Выпускавшиеся ранее подключаемые модули могли работать только совместно с графическими редакторами, но некоторые современные образцы могут функционировать и автономно, являясь, по сути дела, самостоятельными графическими программами и взаимодействуя с графическими редакторами на уровне файлов информационных моделей. К функциям, чаще всего реализуемым в виде подключаемых модулей, относятся:

- добавление графических эффектов (см. разд. 2.9.2 и 3.9.1);
- глобальная коррекция изображения (см. разд. 3.9.2);
- допечатная обработка изображения (см. главу 3.11);
- сложные схемы выделения части изображения (см. разд. 3.5.4);
- генерирование изображений или их отдельных фрагментов (см. разд. 2.9.2).

С некоторой долей условности к автономно работающим подключаемым модулям, реализующим последнюю из перечисленных функций, можно отнести все программные средства, формирующие результат в виде изображения, например, системы трехмерного моделирования.

ПРИМЕЧАНИЕ

Во многих публикациях трехмерное моделирование включается в предметную область компьютерной графики. Это представляется не совсем правомерным, поскольку информационная модель трехмерного моделирования описывает не изображение, а объемное тело. Тем не менее, в трехмерном моделировании интенсивно используются информационные модели изображений и приемы работы с ними, поэтому вполне логично включить его в состав прикладных областей применения компьютерной графики.

Драйвер графического устройства — специализированная программа, в функции которой входит управление аппаратными средствами, например, устройствами ввода и вывода. Современные драйверы обычно имеют в своем составе средства интерфейса с пользователем, позволяющие настраивать графическое устройство на желаемый режим работы. Как правило, драйверы работают совместно с графическими редакторами или другими программными средствами компьютерной графики, и их автономное функционирование не предусматривается.

Средства просмотра изображений представляют собой программы, позволяющие преобразовывать информационную модель, представленную в формате графического файла, в изображение на экране компьютера с целью визуального анализа. Обычно программные средства этой категории позволяют работать со многими форматами представления изображений и включают в себя большое число дополнительных функций (например, организацию показа изображений в виде слайд-шоу). Наиболее известные программные средства этой категории — ACDSee и Irfan View.

Средства организации архивов изображений — программы, осуществляющие хранение большого числа изображений и их эффективный поиск по различным критериям. Такие программы позволяют быстро находить нужные изображения, хранящиеся на различных носителях. Как правило, архивы изображений хранят на CD или DVD. Программа организации архива строит по информационной модели изображения миниатюру (уменьшенную копию изображения, имеющую небольшой размер) и помещает ее в базу данных совместно с именем файла, сведениями о том, где он расположен, и *метаданными* (сведениями, описывающими изображение).

1.1.5. Аппаратные средства

К аппаратным средствам, применяющимся в компьютерной графике, относятся:

- ❑ Компьютеры, в состав которых входят:
 - процессор;
 - оперативная память;
 - накопители;
 - видеокарта с графическим ускорителем.
- ❑ Устройства графического вывода:
 - мониторы;
 - видеопроекторы;
 - печатающие устройства (лазерные, струйные и термосублимационные принтеры, фотонаборные автоматы, слайд-принтеры и цифровые милабы).
- ❑ Устройства графического ввода:
 - манипуляторы;
 - графические планшеты;
 - сканеры;
 - цифровые камеры.
- ❑ Специальные устройства (например, устройства для вывода голограмм и стереопар).

Процессор и оперативная память

В рамках настоящего учебника нет смысла подробно останавливаться на назначении стандартных устройств компьютера, ограничимся рассмотрением специфических требований, которые на них накладывают типовые задачи компьютерной графики.

При работе с информационными моделями сложных векторных или пиксельных изображений с высоким разрешением (см. разд. 3.1.2) задачи компьютерной графики становятся очень ресурсоемкими. Поэтому общий принцип выбора процессора: "чем мощнее — тем лучше". На момент написания книги минимальными параметрами для графического компьютера считались тактовая частота процессора не ниже 2,5 ГГц и объем кэш-памяти второго уровня, встроенной в ядро процессора, не менее 512 Кбайт.

Чем больше объем оперативной памяти, тем быстрее выполняются операции над большими по размеру информационными моделями изображений. Это обусловлено тем, что в процессе обработки данные большого изображения не помещаются в оперативную память целиком, и их приходится "подкачивать" по частям. Чем больше размер этих частей, тем реже приходится выполнять подкачку в процессе работы, тем быстрее выполняется обработка. Поэтому для работы с небольшими изображениями (например, с цифровыми фотографиями, снятыми камерами с размерами сенсора до 10 мегапикселей) объем оперативной памяти может составлять 1 Гбайт, для больших изображений желательны большие объемы.

Накопители

От емкости накопителя на жестком диске (винчестере) зависит объем данных, находящихся в оперативном распоряжении пользователя. Достаточно много дисковой памяти требуется для организации подкачки данных в оперативную память. Обычно компьютеры для графических работ комплектуют накопителями объемом 120–250 Гбайт, но для профессиональной работы нелишним будет и больший объем. Большое влияние на быстродействие оказывает и скорость передачи данных между накопителем и оперативной памятью, она не должна быть менее 100 Мбайт/с — в противном случае подкачка данных сильно замедляется.

Видеокарты

В отличие от задач трехмерного или имитационного моделирования и компьютерных игр, компьютерная графика не предъявляет очень высоких требований к видеосистеме компьютера, основой которой является видеокарта. Основная задача видеокарты — получение данных пиксельной информационной модели и преобразование их в видеосигнал, формирующий изображение на экране монитора. Причем передача видеосигнала на монитор должна выполняться достаточно быстро, чтобы изображение на нем не мерцало (современные стандарты рекомендуют частоту обновления не ниже 100 Гц). Чтобы выполнить это условие, данные изображения должны полностью помещаться в видеопамять. Подробнее расчеты объема памяти, достаточного для хранения информационной модели пиксельного изображения, представлены в разд. 3.1.2. Некоторые данные о минимальном объеме видеопамати приведены в табл. 1.1.1.

Таблица 1.1.1. Минимальный объем видеопамати для мониторов с различным размером экранного растра

Размер растра монитора		Объем видеопамати, Кбайт
по горизонтали	по вертикали	
640	480	7200
1024	768	18432
1280	1024	30720
1680	1050	41344

Для мониторов наиболее распространенных моделей вполне достаточно видеопамати объемом 64 Мбайта. Однако если в составе видеокарты имеется графический ускоритель (что для современных моделей стало стандартом де-факто), этот объем должен быть, как минимум, в два раза больше, т. е. 128 Мбайт. Для мониторов с большим размером растра следует рассчитывать объем видеопамати и подбирать соответствующую видеокарту индивидуально. Следует заметить, что современные видеокарты могут по стоимости в несколько раз превышать все остальные устройства компьютера, вместе взятые, поэтому к ее выбору необходимо подходить рационально. Наиболее мощные видеокарты выпускаются для нужд специалистов в анимационном трехмерном моделировании, видеомонтаже и любителей компьютерных игр, а в задачах компьютерной графики их возможности оказываются востребованными далеко не полностью.

Мониторы и видеопроекторы

Не менее важной частью видеосистемы является монитор — устройство для преобразования видеосигнала в визуально воспринимаемое изображение. Наиболее важные характеристики для задач компьютерной графики — размер экрана, размерность растра, частота обновления изображения и точность воспроизведения цвета. Разработчики программных средств компьютерной графики считают минимальными требованиями к мониторам диагональ экрана не менее 17 дюймов, частоту обновления изображения не ниже 85 Гц, размерность растра не менее 1024×768 пикселей, число воспроизводимых цветов не менее 16 777 216.

Точность воспроизведения цвета на экранах больших размеров сегодня несколько выше у мониторов с электронно-лучевой трубкой. По остальным параметрам эти мониторы немного уступают мониторам на жидкокристаллических панелях.

Видеопроекторы предназначены для построения крупноформатных изображений, рассматриваемых со значительно большего расстояния, чем изображения на экране монитора. Они подключаются к той же видеокarte, что мониторы, и получают такой же видеосигнал. При использовании видеопроекторов следует иметь в виду, что они воспроизводят значительно меньше цветов, чем мониторы, и точность воспроизведения цвета у них значительно ниже. Сегодня более качественной, но и более дорогостоящей альтернативой видеопроекторам выступают плазменные панели, функционально не отличающиеся от мониторов.

Печатающие устройства

Печатающим устройством или принтером называется периферийное устройство компьютера, преобразующее информационную модель в визуально воспринимаемое изображение на плоском носителе (бумаге, ткани или полимерной пленке). Принципы, на основе которых на носителе формируется изображение, можно разделить на несколько категорий (рис. 1.1.2).

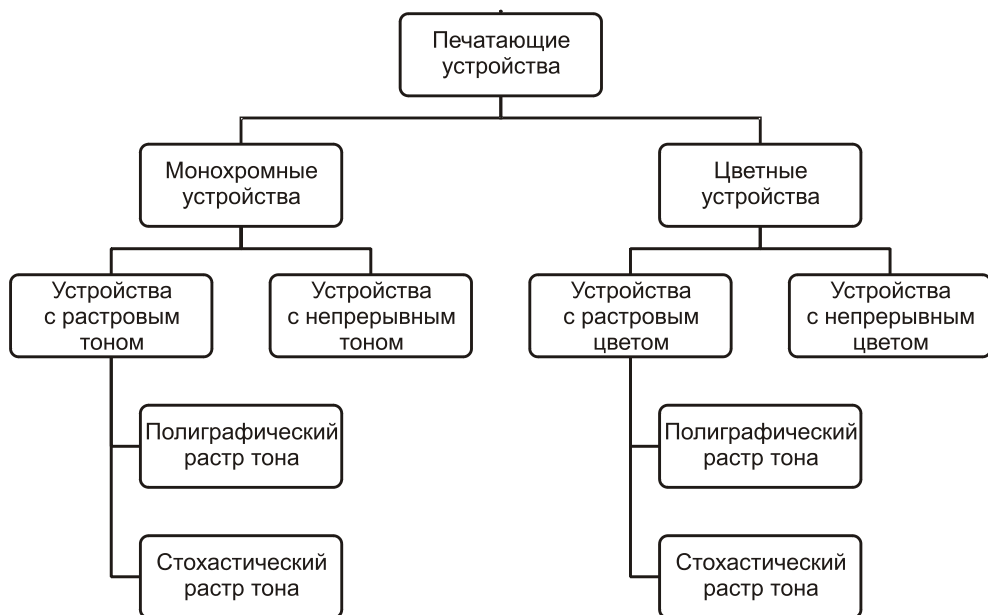


Рис. 1.1.2. Принципы формирования изображений печатающими устройствами

Приведенные на рис. 1.1.2 способы формирования изображений существенно отличаются друг от друга, поэтому устройства печати сложно сравнивать,

пользуясь одной и той же системой показателей. Подробнее эти вопросы будут освещены в *разд. 3.1.4*, посвященном методам расчета параметров изображения в процессе подготовки его к выводу на печать. Там же рассматриваются и существенные для компьютерной графики особенности печатающих устройств каждой категории.

Устройства графического ввода

Устройством графического ввода называется периферийное устройство компьютера, позволяющее формировать новую информационную модель изображения и/или вносить изменения в существующую. Классификация таких устройств приведена на *рис. 1.1.3*.

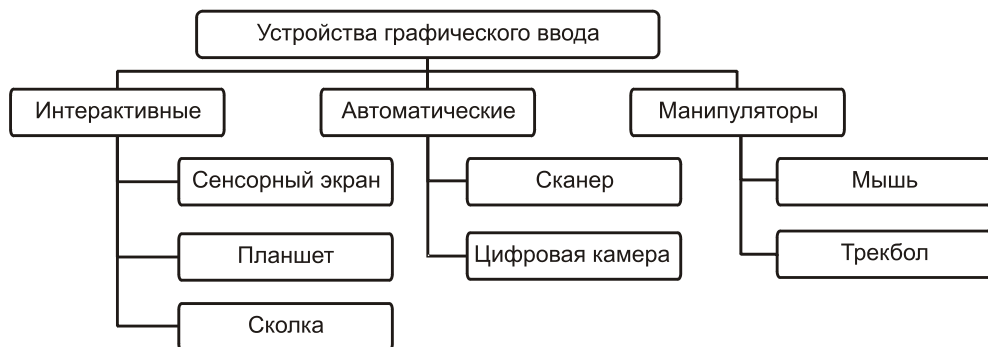


Рис. 1.1.3. Классификация устройств графического ввода

Манипуляторы, строго говоря, не являются устройствами графического ввода. Они лишь позволяют перемещать на экране монитора специальный значок (курсор, указатель) и передавать в компьютер его координаты с той или иной частотой. Как правило, манипуляторы снабжены несколькими кнопками, позволяющими передавать в компьютер управляющие сигналы. Однако в подавляющем большинстве графических редакторов манипулятор управляет работой специальных графических инструментов, с помощью которых пользователь и воздействует на графическую модель. Поэтому традиционно манипуляторы относят к устройствам графического ввода.

Автоматические устройства графического ввода позволяют формировать новую информационную модель изображения без вмешательства пользователя и без графического редактора. К этой категории относят сканеры и цифровые камеры. *Сканер* формирует информационную модель пиксельного изображения по физическому оригиналу, в роли которого чаще всего выступают непрозрачные (отпечатки) и полупрозрачные (слайды, пленки) изображения.

ПРИМЕЧАНИЕ

При работе с планшетными сканерами распространенной практикой является размещение на предметном стекле не изображения, а тех или иных предметов. В этом случае сканер можно рассматривать как вариант цифровой камеры, "фотографирующей" объемные объекты.

Основные характеристики сканера — аппаратное разрешение сканирования и точность восприятия цвета (*см. разд. 3.1.4*).

Цифровые фото- и видеокамеры обычно работают в автономном режиме, но при прямом подключении к компьютеру их можно рассматривать как устройства графического ввода. Особенно это относится к так называемым "цифровым задникам" — приставкам к традиционным широкоплечным камерам, с которыми работают в условиях фотостудии, формирующим очень большие по размеру информационные модели пиксельных изображений. Многие из них просто не оборудованы промежуточным устройством хранения данных. Основные характеристики цифровых камер — размеры растра в пикселах и точность восприятия цвета. Подробнее цифровые камеры рассматриваются в *разд. 3.2.4*.

Интерактивные устройства графического ввода отличаются от манипуляторов тем, что фиксируют на экране координаты не указателя, а кончика специального пера. Например, *сенсорный экран*, представляющий собой гибридный графических устройств ввода и вывода, — монитор, экран которого способен воспринимать касания и степень нажима, а также координаты точки, в которой этот нажим осуществляется. Пользователь имеет возможность "рисовать" по нему пером, может фиксировать силу нажима, а *графический планшет* — не только силу нажима, но и углы наклона пера к плоскости планшета и разворота пера вокруг своей оси. *Сколка* представляет собой графический планшет больших размеров, приспособленный для кодирования чертежей. Аппаратное и программное обеспечение сколки позволяет формировать векторную информационную модель изображения, но для работы с ней требуется специальная подготовка (*см. главу 2.1*).

1.1.6. Области, в которых широко используется компьютерная графика

Методы и средства компьютерной графики востребованы в любой сфере человеческой деятельности, где используются изображения. Но в некоторых из них применение компьютерной графики особенно перспективно. Больше всего это касается областей, в которых основную роль играют объекты визуальной коммуникации. *Визуальная коммуникация* представляет собой ин-

формационный процесс, при котором информация передается от источника (автора) потребителю через зрительный канал. Объект визуальной коммуникации, несущий в себе эту информацию, называется *изображением*. В последующих подразделах дается краткий обзор некоторых прикладных областей, в которых важность визуальной коммуникации привела к интенсивному применению средств компьютерной графики.

Дизайн и художественное творчество

Для современных условий характерны две тенденции: рост качества жизни и ужесточение конкуренции во всех областях производства и сервиса. Повышаются требования к удобству и эстетическому совершенству всего, что окружает человека, а конкуренция приводит к тому, что преуспевают те, кто уделяет этому фактору значительное внимание. Поэтому значение дизайна (и, в частности, промышленного дизайна) в жизни современного общества сложно переоценить. Возрастание роли дизайна и спроса на продукцию дизайнеров привели к необходимости интенсификации и повышения эффективности этого вида труда.

Из-за того, что творческая составляющая профессиональной деятельности дизайнера не поддается формализации и в этом аспекте эффективность его труда определяется только мерой таланта, радикально увеличить эффективность деятельности можно только за счет сокращения объема и трудоемкости рутинных операций. Компьютерная графика является той базой, на основе которой можно добиться этой цели. Пользуясь программами компьютерной графики, дизайнер может не только быстрее материализовать свои творческие замыслы, но и оперативно проверить несколько вариантов реализации каждого из них. В частности, при работе над шрифтовыми композициями применение программных средств векторной графики позволяет сократить затрачиваемое время в несколько раз. Конечно, рост эффективности возникает только при достаточно профессиональном владении арсеналом компьютерной графики.

Эффективное средство повышения производительности труда дизайнера — трехмерное моделирование, интенсивно использующееся в архитектурном и ландшафтном дизайне, дизайне интерьеров и мебели. Кроме того, в условиях перехода к информационному обществу появились новые области: дизайн мультимедиа, Web-дизайн, дизайн пользовательского интерфейса информационных систем. В этих прикладных областях в силу их специфики традиционные техники дизайна, не связанные с компьютерной графикой, просто неприменимы.

Массмедиа и полиграфия

Из средств массовой коммуникации сегодня, пожалуй, только на радио не задействованы приемы компьютерной графики (если исключить рекламную поддержку). На телевидении не обойтись без заставок, титров и логотипов, а анимационные ролики занимают значительную часть экранного времени на многих каналах, причем не только в виде рекламы, но и как вставки в новостных программах. Практически всегда прогноз погоды читают на фоне метеорологических карт, подготовленных с помощью графических программ. Все чаще картами и схемами иллюстрируют новостные сообщения.

Служба доступа к гипертексту, более известная как WWW или "Всемирная паутина", ставшая атрибутом повседневного обихода многих людей, требует небывалого в человеческой истории объема графических работ. Причем их качество должно быть достаточно высоким, поскольку успех того или иного информационного ресурса Сети во многом определяется его дизайном, удобством графического интерфейса, добротностью представленных на нем изображений. Развитие WWW приводит к высокому спросу на специалистов-дизайнеров с хорошей подготовкой в области компьютерной графики.

В современных полиграфических технологиях, обеспечивающих выпуск книг и газет, компьютеры и программное обеспечение играют центральную роль. Почти все печатные издания поступают в производство в виде полиграфической оснастки, подготовленной с помощью программ компьютерной верстки. Для ее работы требуется, чтобы и текст, и иллюстрации были представлены на машинном носителе, т. е. в виде информационных моделей. Для иллюстраций это означает не только возможность их включения в макет издания произвольной сложности, но и готовность к обработке с помощью программ компьютерной графики. Многие графические элементы, определяющие стиль оформления издания (такие, как заставки, виньетки, буквицы и линейки), удобно с самого начала разрабатывать с помощью программ векторной графики.

Иллюстрации, подготовленные в традиционной графической технике, а также фотографии (отпечатки, негативы и слайды) в издательстве сканируются и проходят цикл обработки методами компьютерной графики (ретушь, цветокоррекция, допечатная подготовка). Многие художники-графики, работающие в жанре книжной иллюстрации, с самого начала работы над графическими проектами пользуются программами компьютерной графики.

Анимация

Анимация — создание иллюзии движения за счет демонстрации быстро сменяющихся друг друга изображений. Специфика анимации состоит в том, что изображения, из которых впоследствии составляется анимационный ролик,

не снимаются в непрерывном режиме кино- или видеокамерой. Более того, во многих видах анимации они формируются не камерой, а получаются из других источников. В традиционной анимации изображения, из которых составляется анимационный ролик, создаются вручную художниками, прорисовывающими все промежуточные кадры по нарисованным ранее опорным.

Применение для построения опорных кадров методов компьютерной графики позволяет радикально изменить технологию. Если опорные кадры представляют собой два различных состояния информационной модели изображения, то формирование промежуточных состояний той же информационной модели, соответствующих промежуточным кадрам, может выполняться автоматически. Это дает колоссальную экономию труда. Поэтому сегодня методы компьютерной графики представляют собой неотъемлемую часть технического арсенала создателей анимационных фильмов, а анимационный фильм, в работе над которым они не применялись, является редким исключением.

Кинематография

Внедрение средств компьютерной графики в традиционную кинематографию началось существенно позднее, чем в анимационную. Продолжительное время они применялись, главным образом, для подготовки титров и заставок. Но лавинообразный рост затрат на съемку фильмов потребовал поиска путей экономии, и компьютерная графика оказалась весьма перспективным в этом смысле средством. Технология цифрового видеомонтажа позволила частично отказаться от постройки декораций. Например, в известном фильме "Титаник" большая часть интерьеров роскошного лайнера — виртуальные, существующие только в виде графических изображений. При создании фильмов "Ночной дозор", "Дневной дозор" и "Турецкий гамбит" наряду с приемами трехмерного моделирования широко использовались приемы и эффекты пиксельной графики.

Анализируя современные тенденции развития кинематографии, можно уверенно предположить, что в будущем этой отрасли будет требоваться все больше специалистов по компьютерной графике.

Трехмерное моделирование

Трехмерное моделирование представляет собой большой комплекс методов и средств, предназначенных для создания сеточной информационной модели объекта (совокупности объектов), внесения в нее изменений, и построения по ней как отдельных изображений, так и их последовательностей, составляющих анимационные ролики. Сеточная информационная модель — это обобщение векторной модели изображения, позволяющее описывать не только

двухмерные объекты (которых достаточно, чтобы описать любое плоское изображение), но и пространственные оболочки. В силу этого сеточная модель включает в себя информационные модели как векторного, так и пиксельного изображений, а программные средства трехмерного моделирования реализуют многие методы работы с этими моделями из арсенала компьютерной графики.

Более того, векторные информационные модели могут служить в качестве исходного материала для трехмерного моделирования. Например, при построении трехмерной модели, соответствующей телу вращения или телу экструзии, образующие кривые могут строиться в программе векторной графики с последующим импортированием в программу трехмерного моделирования.

Методы и средства пиксельной графики незаменимы при формировании текстур и карт, позволяющих имитировать оптические свойства поверхностей объектов при построении изображения по трехмерной модели. Не обойтись без них и при создании фона трехмерной сцены, и при настройке наложения сложных текстур на модель объекта.

Поэтому можно утверждать — чтобы достичь высокой квалификации в трехмерном моделировании, необходимо владеть арсеналом средств и методов компьютерной графики. При работе над крупными проектами трехмерного моделирования (такими, как подготовка архитектурного проекта или трехмерного анимационного фильма) в состав коллектива разработчиков всегда включаются специалисты в области компьютерной графики.

Фотография

Лавинообразный рост числа цифровых фотокамер во всех секторах рынка фототехники (от камер для начинающих и любителей, в котором пленочная техника вытеснена полностью, до аппаратуры профессионалов, постоянно совершенствующейся) с неизбежностью привел к интеграции средств компьютерной графики в работу фотографов. Фотокамера автоматически формирует информационную модель пиксельного изображения, поэтому к цифровым фотографиям применимы все методы и приемы пиксельной графики.

На практике фотографы пользуются средствами компьютерной графики для устранения дефектов изображений, их доредакционной подготовки, тонирования и фотомонтажа. Множество приемов разработано для компьютерной ретуши фотографий, развившейся в обширную прикладную отрасль компьютерной графики. Большинство профессиональных фотографов размещают информацию о себе и своих работах на собственных и корпоративных сайтах, большая часть фотопродукции продается также через Интернет. Естественно, подго-

товка фотографий к публикации в Сети также невозможна без средств компьютерной графики.

Автоматизация проектирования

Предмет автоматизации проектирования — автоматическая и автоматизированная подготовка проектно-конструкторской документации, по которой впоследствии может быть изготовлено и проверено на соответствие требованиям некоторое изделие. По своему составу проектно-конструкторская документация разделяется на текстовую и графическую. К последней относятся чертежи и схемы, представляющие собой изображения, построенные в соответствии с общепринятой системой условностей. В России эта система зафиксирована документами ЕСКД (Единой Системы Конструкторской Документации). Эти документы с точки зрения информационного анализа представляют собой сложные информационные модели, достаточно полно описывающие изделия, технологию их изготовления и определяющие содержание и последовательность процессов производства.

Поскольку значительная часть документов представляют собой изображения, информационная модель векторного изображения включается неотъемлемой частью в упомянутые информационные модели. Соответственно, в автоматизации проектирования оказываются удобными многие приемы компьютерной графики, автоматизирующие работу с информационной моделью векторного изображения. Подсистемы компьютерной графики часто выступают в качестве ядра, на основе которого строятся САПР (системы автоматизации проектирования). Наиболее яркий пример такого подхода — система AutoCAD.

Но проектные документы являются лишь конечным результатом труда проектировщиков. Арсенал компьютерной графики применяется не только для их выпуска. Начальные стадии проектирования чаще всего выполняются средствами графического моделирования (двухмерного и трехмерного), в котором также не обойтись без средств компьютерной графики.

Деловая графика

Термином *деловая графика* (бизнес-графика) обозначают специальный класс графических изображений, позволяющих представлять в наглядной форме числовые данные и снабжать своеобразными графическими комментариями изображения различного назначения. Некоторые авторы относят к сфере деловой графики системы указательных, предупредительных и информационных знаков. Наиболее часто деловая графика востребована при подготовке всевозможных отчетов, докладов, презентаций. Достаточно часто объекты деловой графики используются при подготовке научной и учебной литературы.

Эффективность применения средств и методов компьютерной графики настолько очевидна, что сегодня доля материалов к докладам и выступлениям, отчетов, подготовленных "вручную", без программных средств, стала пренебрежимо мала. Основное преимущество применения компьютерной графики в этой области — возможность за очень короткое время проверить несколько вариантов представления данных, выбрать из них наилучший, и, по мере необходимости, оперативно внести в него изменения.

Список новых терминов

- ☐ Анимация
- ☐ Визуальная коммуникация
- ☐ Графический редактор
- ☐ Деловая графика (бизнес-графика)
- ☐ Драйвер графического устройства
- ☐ Изображение
- ☐ Информационная модель
- ☐ Метаданные
- ☐ Планшет графический
- ☐ Подключаемый модуль (плагин)
- ☐ Предметная область
- ☐ Программное средство
- ☐ Сканер
- ☐ Сколка
- ☐ Средства организации архивов изображений
- ☐ Средства просмотра изображения
- ☐ Трехмерное моделирование
- ☐ Устройство графического ввода
- ☐ Устройство печатающее
- ☐ Экран сенсорный

Контрольные вопросы

1. Чем информационный процесс отличается от материального?
2. Каковы основные категории информационных процессов, связанных с обработкой изображений?

3. Какие информационные процессы могут формировать информационные модели изображений?
4. Что понимается под термином "редактирование изображений"?
5. Что такое "визуальное восприятие"? Какие объекты и субъекты участвуют в этом процессе?
6. Что входит в предметную область компьютерной графики?
7. Что представляет собой информационная модель изображения?
8. Каковы преимущества работы с моделью изображения по сравнению с самим изображением?
9. Что понимается под термином "программное средство"?
10. Какие категории программных средств применяются в компьютерной графике?
11. Для каких целей служат графические редакторы?
12. В чем состоит назначение подключаемых модулей? Каковы их основные категории?
13. Почему трехмерное моделирование не входит в предметную область компьютерной графики?
14. Для чего предназначены драйверы? В чем состоит особенность драйверов графических устройств?
15. Какие дополнительные функции средств просмотра изображений вам известны?
16. Какие метаданные включает в состав графического файла ваша цифровая фотокамера?
17. К каким устройствам компьютера задачи компьютерной графики предъявляют дополнительные требования?
18. Какие факторы оказывают основное влияние на необходимый объем видеопамати?
19. Каковы основные принципы формирования изображения печатающим устройством?
20. В чем состоит основное различие между устройствами автоматического и автоматизированного графического ввода?
21. Что является носителем информации в процессе визуальной коммуникации?
22. Перечислите основные причины интенсивного применения компьютерной графики в дизайне.

23. В каких формах компьютерная графика применяется в массмедиа?
24. В чем состоят преимущества применения методов и средств компьютерной графики в полиграфии?
25. Какие приемы и средства компьютерной графики применяются в разработке информационных ресурсов Интернета?
26. Как соотносятся предметы компьютерной графики и анимации?
27. Как объекты и приемы компьютерной графики применяются в трехмерном моделировании?
28. В чем состоит специфика применения приемов компьютерной графики при работе с фотографическими изображениями?
29. В чем состоит различие в применении компьютерной графики в дизайне и автоматизации проектирования?
30. Как и в каких областях используется деловая графика?

Темы для обсуждения

1. Оценка объемов информации, участвующей в процессе визуальной коммуникации.
2. Взаимодействие между собой прикладных областей анимации и компьютерной графики.
3. Преимущества, которые компьютерная графика дает дизайнеру.
4. Возможности применения компьютерной графики для художественного творчества.
5. Компьютерная графика, средства телекоммуникации и авторское право.

1.2. Информационные модели изображений

В этой главе рассматриваются наиболее общие свойства информационной модели изображения, составляющие ее концепцию, описывается обобщенная схема работы пользователя над графическим проектом и проводится сравнение двух основных моделей компьютерной графики: векторной и пиксельной.

1.2.1. Концепция информационной модели изображения

Общее определение информационной модели объекта или явления было дано в разд. 1.1.3. *Информационная модель изображения* представляет собой совокупность данных, по которым можно однозначно построить изображение, и совокупность методов — операций, с помощью которых можно сформировать и модифицировать эту модель. Структура информационной модели изображения представлена на рис. 1.2.1.

Совокупность данных, описывающих изображение, состоит из дескрипторов. *Дескриптор* — это структурный элемент информационной модели изображения, представляющий собой совокупность данных, содержащих в себе информацию об отдельном структурном элементе изображения. Структура дескриптора и смысл его компонентов зависят от категории изображения и выбранной цветовой модели. Они различны для пиксельной и векторной информационных моделей. Как будет показано в последующих разделах, дескрипторы информационной модели пиксельного изображения однотипны, а в информационную модель векторного изображения входят дескрипторы различных типов. Типы дескрипторов соответствуют классам объектов, составляющих изображение.

Методы информационной модели представляют собой алгоритмы, выполнение которых позволяет изменять текущее состояние модели, т. е. состав

ее дескрипторов и значения свойств, хранящихся в этих дескрипторах. Как правило, методы информационных моделей изображения реализуются в виде программных модулей, включенных в состав программных средств для работы с этими моделями (см. разд. 2.1.3).

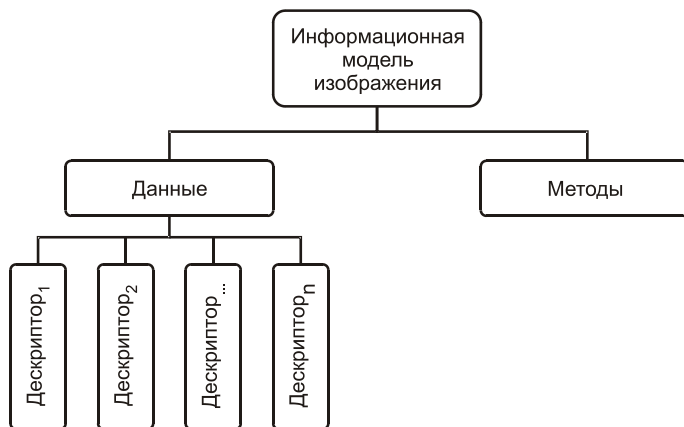


Рис. 1.2.1. Структура информационной модели изображения

На основе информационных моделей изображения разработаны структуры и форматы графических документов. *Графический документ* представляет собой модификацию информационной модели изображения, предназначенную для использования в той или иной прикладной области компьютерной графики или специально для работы с тем или иным программным средством. Как правило, графический документ сложнее информационной модели изображения за счет того, что в его состав введены дополнительные элементы. Дополнительные элементы вводятся для расширения информационной емкости базовой информационной модели изображения, упрощения работы с ней и придания ей новых возможностей.

ПРИМЕЧАНИЕ

Например, графические документы формата TIFF могут содержать в себе несколько взаимодействующих в процессе рендеринга изображений — слоев. Форматы GIF и PNG позволяют сохранять в одном документе совокупность изображений, составляющую анимационный ролик. Подробнее об элементах, дополняющих базовую информационную модель пиксельного изображения, см. в разд. 3.4.1–3.4.4.

Каждому типу графических документов соответствует формат графического файла. *Форматом графического файла* называется стандартизованная структура данных, в которую преобразуется графический документ при записи

на носитель для последующих хранения и обработки. Форматов графических файлов значительно больше, чем информационных моделей. Дело в том, что конкретные форматы разрабатывались для различных целей, в разное время, включают в себя различные дополнительные элементы и неодинаковые модели цвета (см. разд. 1.3.3–1.3.7). Некоторые наиболее часто встречающиеся в компьютерной графике форматы графических файлов рассмотрены в разд. 2.1.4 и в главе 3.3.

1.2.2. Схема работы с информационной моделью изображения

Действия, направленные на создание изображений, предназначенных для решения той или иной задачи (а иногда — и сами эти изображения), принято называть *графическим проектом*. В пределах этого раздела принято несколько упрощенное толкование этого термина: целью графического проекта условно считается создание только одного изображения. Независимо от типа выбранной информационной модели изображения процесс работы пользователя над таким графическим проектом можно изобразить в обобщенном виде (рис. 1.2.2), где объекты, участвующие в работе, подписаны прямым шрифтом, а информационные процессы — курсивом.

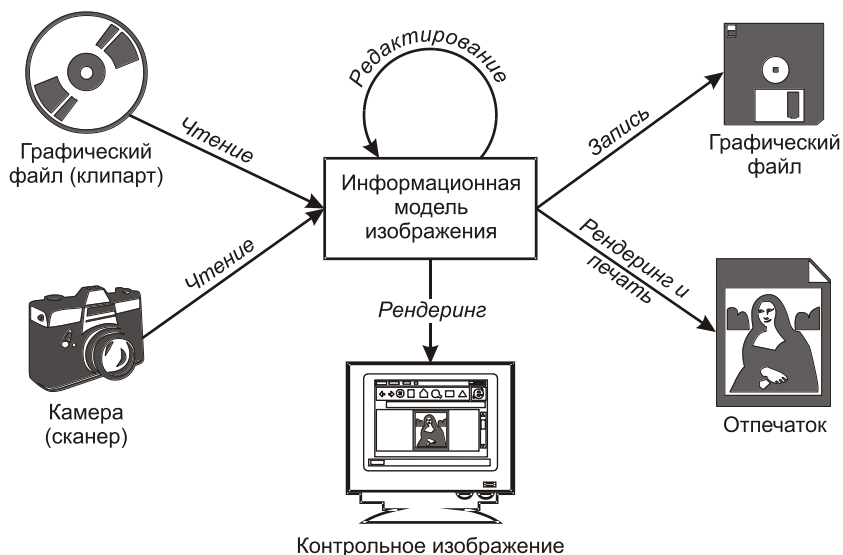


Рис. 1.2.2. Обобщенный процесс работы пользователя над графическим проектом

Информационная модель изображения — центральный элемент схемы. Ее состояние постоянно меняется в процессе работы над графическим проектом. Заключительное состояние информационной модели соответствует изображению, являющемуся результатом графического проектирования.

Начальное состояние информационной модели зависит от того, имеется ли какой-либо исходный материал или работать приходится "с чистого листа". В последнем случае с помощью того или иного программного средства компьютерной графики (например, графического редактора) создается графический документ, соответствующий "пустой" информационной модели. При работе с векторным изображением это будет информационная модель, не содержащая дескрипторов графических объектов. При работе с пиксельным изображением — информационная модель, состоящая из совокупности дескрипторов, содержащих заданные по умолчанию данные для всех графических объектов изображения.

Если в начале работы над графическим проектом в распоряжении пользователя имеются исходные изображения, то первоначальное состояние информационной модели будет иным. Исходные изображения могут быть представлены в виде ранее построенных информационных моделей или отпечатков. Первые чаще всего представляют собой графические документы, разработанные в уже завершенных графических проектах, созданные тем же пользователем или другими авторами. Если исходные данные представляют собой фрагменты более или менее стандартных изображений, предназначенных для многократного использования, к ним применяется собирательное наименование "клипарт" (см. разд. 3.2.2).

ПРИМЕЧАНИЕ

В переводе с английского "клипарт" означает "вырезка". Первые библиотеки клип-арта, предназначенные для компьютерной графики, представляли собой наборы файлов с изолированными от фона частями пиксельных изображений. При импорте таких фрагментов в пустой графический документ получалось очень похоже на картинку, вырезанную из книги или журнала. Сегодня термин трактуется значительно шире. В понятие клипарт включают и стандартные фрагменты векторных изображений, и даже наборы трехмерных моделей. Библиотеки клип-арта различного назначения и тематики сегодня выпускаются на коммерческой основе.

Если исходные данные графического проекта представлены в виде отпечатков, то исходная информационная модель получается в процессе сканирования. В компьютерной графике *сканированием* называется автоматический процесс анализа отпечатка на прозрачном или непрозрачном носителе, в результате которого строится информационная модель пиксельного изображения. Сканирование выполняется устройством графического ввода — сканером (см. разд. 1.1.5). В общем случае цифровые фото- и кинокамеры можно считать разновидностями сканеров.

Последующая работа пользователя над графическим проектом состоит в редактировании информационной модели изображения. К операциям редактирования относятся:

- ❑ создание новых графических объектов в составе информационной модели;
- ❑ удаление ставших ненужными объектов;
- ❑ изменение параметров ранее имевшихся в составе информационной модели объектов.

Операции редактирования выполняются с помощью программного средства — графического редактора, который представляет собой программную реализацию методов информационной модели графического документа. Это означает, что в нем в виде программных модулей реализованы алгоритмы, позволяющие выполнять все необходимые действия с этой информационной моделью. Чтобы пользователь мог применять эти методы, в графическом редакторе имеется интерфейс пользователя. *Интерфейсом пользователя* называется совокупность управляющих объектов, на которые он может воздействовать в процессе работы с программным продуктом через устройства ввода (объектная часть интерфейса), и процедур, выполнение которых приводит к осмысленному результату (процедурная часть интерфейса).

Например, на рис. 1.2.3 представлено диалоговое окно графического редактора. Имеющиеся на нем вкладки, флажки, списки и командные кнопки составляют объектную часть интерфейса пользователя, связанную с этим диалоговым окном. Элементом процедурной части интерфейса может служить процедура, включающая в себя следующие действия:

1. С помощью верхнего раскрывающегося списка выбрать базу выравнивания.
2. Установив флажки, определить условия выполнения выравнивания.
3. Командной кнопкой **Apply** выровнять выделенные графические объекты.

Содержание интерфейса пользователя определяется как типом выбранной информационной модели изображения, так и способом реализации ее методов в конкретном графическом редакторе. Из-за этого интерфейсы пользователей различных программных средств компьютерной графики различаются, даже если эти программные средства предназначены для работы с графическими документами одного и того же формата.

ПРИМЕЧАНИЕ

Изучение интерфейса пользователя различных средств компьютерной графики — необходимая часть подготовки специалистов в этой области. Чтобы этот процесс был более эффективным, необходимо понимание типовых задач и приемов компьютерной графики, описанных в настоящем учебнике. В противном случае назначение многих элементов интерфейса пользователя понять довольно сложно.

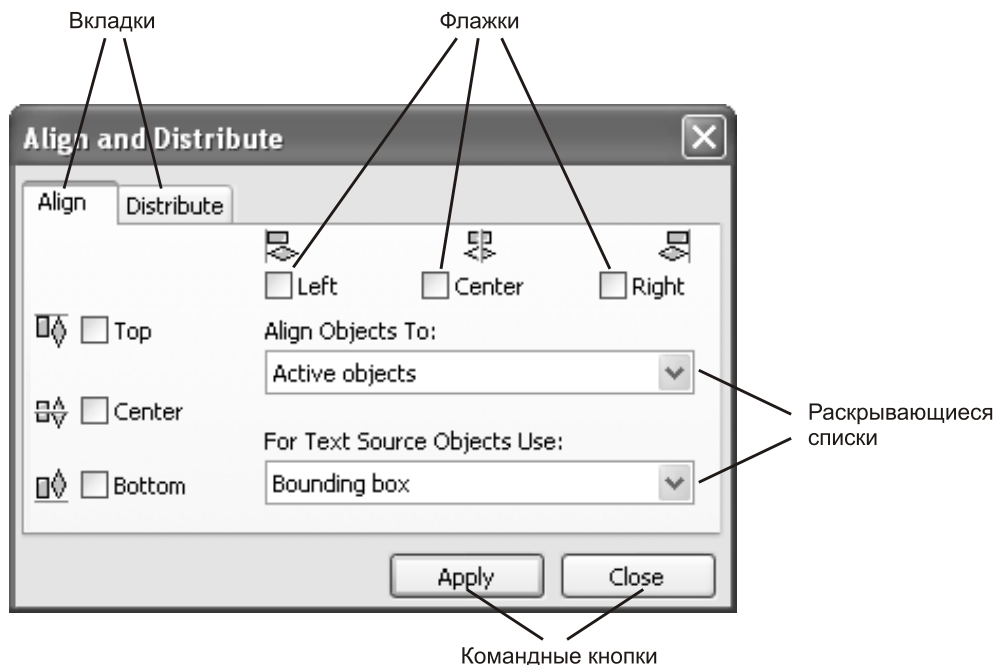


Рис. 1.2.3. Элементы объектной части интерфейса в диалоговом окне

В процессе редактирования информационной модели изображения пользователю нужно видеть, как она меняется в результате его действий. Для этого ему требуется контрольное изображение, соответствующее текущему состоянию информационной модели. Это изображение, выводимое на экран монитора, строится заново или обновляется каждый раз после внесения изменения в информационную модель действием пользователя. Процедура построения изображения, соответствующего текущему состоянию информационной модели, называется *рендерингом*. Рендеринг преобразует информационную модель графического документа, с которым работает пользователь, в информационную модель изображения, которая может быть визуализирована аппаратно-программным комплексом устройства графического вывода.

ПРИМЕЧАНИЕ

В аппаратно-программный комплекс устройства вывода обычно входят аппаратные средства этого устройства и обеспечивающие их функционирование программы — драйверы.

Рендеринг выполняется не только в процессе редактирования изображения (в этом случае выполняется преобразование информационной модели графического документа в информационную модель изображения, воспринимаемую

монитором), но и при выводе изображения на печать. Отличие состоит в том, что преобразование производится в информационную модель печатающего устройства. По сравнению с информационной моделью изображения, воспринимаемой монитором, эта модель может быть значительно сложнее, и это предъявляет дополнительные требования к рендерингу.

ПРИМЕЧАНИЕ

Например, многие печатающие устройства могут воспринимать не только пиксельную, но и векторную модель изображения. Для описания передаваемых печатающему устройству изображений разработаны специальные языки, например, PostScript. За счет усложнения информационной модели достигается повышение качества воспроизведения изображений.

В большинстве графических редакторов рендеринг контрольного изображения выполняется упрощенно. Это обусловлено требованиями оперативности редактирования — пользователь не хочет ждать перерисовки изображения на экране монитора, а полный рендеринг сложного изображения может потребовать достаточно продолжительного времени даже при работе на мощном компьютере. Вследствие этого контрольное изображение в той или иной степени отличается от результата, который будет получен при выводе на печать. Кроме того, монитор и печатающее устройство воспроизводят цвет принципиально различными методами и обладают сильно отличающимися значениями аппаратной разрешающей способности (см. разд. 3.1.2). Поэтому контрольное изображение всегда представляет собой лишь более или менее точное приближение к изображению, которое получится при выводе на печать. Этот факт играет важную роль при выполнении многих операций редактирования (в частности — цветовой коррекции, описанной в главе 3.7).

В процессе редактирования информационная модель изображения представлена структурами данных в оперативной и внешней памяти компьютера. При необходимости долговременного хранения модели ее следует записать (сохранить) в виде файла графического документа, размещенного на накопителе. *Сохранением* называется преобразование формата внутреннего представления информационной модели изображения в формат графического документа и запись этого документа средствами файловой подсистемы операционной системы в виде файла на устройство долговременного хранения.

Большинство графических редакторов ориентированы, главным образом, на работу с графическими документами собственного формата, специфического для этого редактора. Вместе с тем, все графические редакторы могут выполнять импорт и экспорт графических документов. *Экспорт* — преобразование внутреннего представления информационной модели в формат, отличающийся от собственного формата документов графического редактора,

с сохранением результата в виде файла. *Импорт* — чтение графического документа, представленного в виде файла, в формате, отличном от собственного формата документов графического редактора, и преобразование его в формат внутреннего представления информационной модели для последующей обработки. Иногда функции импорта и экспорта реализуются в виде дополнительных модулей, которые называют фильтрами импорта/экспорта.

Как правило, работа над графическим проектом завершается экспортом графических файлов в требуемый заказчиком формат и архивацией рабочих версий графического материала в формате графических документов, с которыми работал пользователь. Например, после ретуширования фотографии у выполнявшего его специалиста остается рабочий файл в формате графического редактора, которым он пользовался, а заказчику передается графический файл в формате TIFF, содержащий в себе все, что необходимо для вывода фотографии на печать. В некоторых случаях заказчику передаются и отпечатки.

В заключение раздела кратко сформулируем его основное содержание. В процессе работы над проектом компьютерной графики изображение представляется в виде информационной модели изображения. Реальные графические редакторы работают с информационной моделью не изображения, а графического документа. Графические документы могут создаваться пустыми, формироваться автоматически, считываться из архива или импортироваться. Редактирование графического документа осуществляется средствами графического редактора, доступ к которым обеспечивает интерфейс пользователя. Процедура рендеринга формирует контрольное изображение и выводит графический документ на печать. Графические документы можно сохранять и экспортировать в графические файлы.

1.2.3. Векторная информационная модель

В этом разделе рассматриваются устройство и основные свойства базовой информационной модели векторного изображения, на основе которой разработаны все форматы векторных графических документов.

Крайне упрощая ситуацию, можно принять, что в векторной информационной модели существует только один класс объектов — линии. Каждой линии соответствует дескриптор, в котором хранятся сведения об имени объекта, и значения свойств, однозначно определяющих его расположение, форму и цвет. Меняя значения элементов дескриптора, можно преобразовывать соответствующий ему объект (перемещать, масштабировать, менять цвет). Для каждого типа преобразования объекта имеется соответствующий метод,

который должен быть программно реализован в графическом редакторе, работающем с векторной информационной моделью.

Важнейшая особенность векторной информационной модели изображения, очевидная даже для такого, предельно упрощенного ее варианта, — многообразие структур дескрипторов, составляющих ее область данных. В самом деле, для хранения данных о кривых, проходящих через две точки и через десять точек, потребуется различный объем памяти компьютера.

В векторных информационных моделях изображения, использующихся на практике, не один, а много классов графических объектов (*см. разд. 2.1.2*). Более того, в них имеются составные графические объекты, включающие в себя несколько простых, играющих в составных объектах различные роли. В качестве примера можно привести текст, размещенный на криволинейной траектории. Здесь простыми объектами будут текст и кривая. Каждый из них можно редактировать с помощью методов его класса, но при этом у составного объекта есть и свои методы (например, изменение расстояния между текстом и кривой).

На рис. 1.2.4 представлен простейший векторный рисунок, построенный по известному детскому стишку "Точка, точка, запятая...".

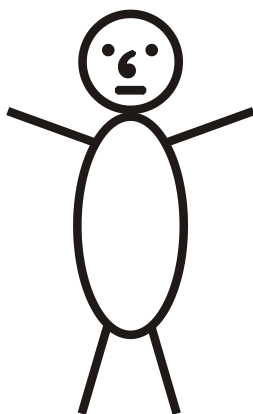


Рис. 1.2.4. Векторное изображение

К сожалению, этот известный всем текст содержит явно недостаточно информации для однозначного воспроизведения изображения, и автору пришлось многое добавлять от себя. В частности, не было никаких указаний о расположении упомянутых графических объектов и об их размерах. Результаты доработки представлены в табл. 1.2.1.

Таблица 1.2.1. Состав векторной информационной модели изображения

Эллипсы

Имя	Центр		Ширина	Высота	Разворот	Обводка	Заливка
	х	у					
Голова	9,2	25,6	6,8	6,8	0	0,35	Нет
Тело	9,2	13,9	7,6	15,6	0	0,35	Нет

Тексты фигурные

Имя	Центр		Текст	Гарнитура	Кегль	Разворот
	х	у				
Глаз левый	7,6	26,4	.	Times New Roman	18	0
Глаз правый	10,7	26,4	.	Times New Roman	18	0
Нос	8,9	25,4	,	Times New Roman	26	180
Рот	9,2	23,6	-	Times New Roman	26	0

Отрезки прямой

Имя	Начальная точка		Конечная точка		Обводка
	х ₀	у ₀	х _к	у _к	
Левая рука	11,9	19,9	17,9	22,1	0,35
Левая нога	10,7	6,6	12,5	0,5	0,35
Правая рука	6,5	19,9	0,4	22,1	0,35
Правая нога	7,5	6,6	5,7	0,5	0,35

Анализируя данные табл. 1.2.1, составляющие векторную информационную модель изображения, можно сделать несколько выводов о природе этой модели.

- ❑ Даже простейшее векторное изображение, как правило, включает в себя графические объекты нескольких классов. Именно из-за этого не удалось обойтись одной общей таблицей — разные классы изображения описываются различными совокупностями параметров (см. разд. 2.1.2–2.1.3).
- ❑ Дескрипторам модели соответствуют строки табл. 1.2.1. Каждый из дескрипторов описывает независимый графический объект, которому сопоставлено уникальное имя. Имя объекта может содержать в себе информа-

цию о том, чему соответствует этот объект в реальном или виртуальном мире.

- В каждом дескрипторе кроме имени графического объекта и информации о его классе содержатся значения свойств, конкретизирующие его геометрические свойства — размеры, угол разворота, местоположение. Меняя значение этих свойств, можно изменять изображение, которое будет построено при рендеринге информационной модели.

ПРИМЕЧАНИЕ

В дескрипторе также содержится информация о цвете объекта, но в данном примере для упрощения соответствующие свойства не были представлены.

Эти выводы будут подробнее рассмотрены в первых разделах *главы 2.1*. Здесь ограничимся перечислением основных достоинств и недостатков векторной информационной модели. Начнем с достоинств:

- При желании автора, векторное изображение можно структурировать с любой степенью детализации. Произвольному фрагменту изображения можно поставить в соответствие именованный графический объект или именованную связанную группу графических объектов векторной информационной модели. Это дает возможность установить соответствие дескрипторов модели структуре изображаемого объекта, что, в свою очередь, значительно упрощает и ускоряет выделение нужных для работы частей изображения.
- Геометрические преобразования векторных изображений выполняются с помощью простых операций. В процессе масштабирования изображение не искажается, визуальная информация не теряется, *артефакты* (визуальный шум) не появляются (рис. 1.2.5). Кроме того, ширина линий векторного изображения по желанию может оставаться при масштабировании неизменной (как на рис. 1.2.5) или меняться в соответствии с масштабом.

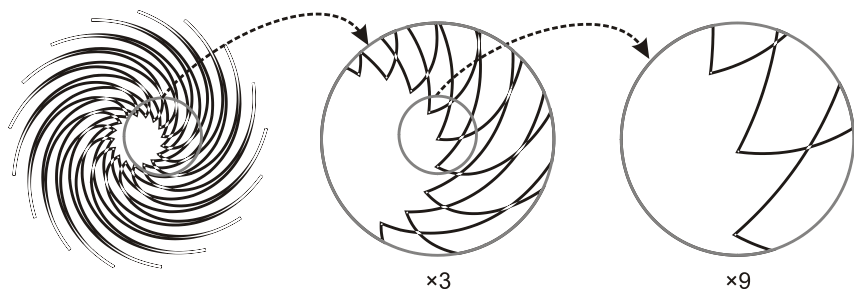


Рис. 1.2.5. Увеличение размера изображения при работе с векторной информационной моделью

- ❑ Векторная модель изображения сравнительно компактна, объем требуемой для ее размещения памяти зависит только от количества графических объектов, входящих в ее состав, но не от размера изображения.
- ❑ Для представления текстов в векторной модели предусмотрены специальные классы объектов. Это позволяет работать с текстом удобными методами редактирования и форматирования на любой стадии графического проекта, не снижая качество воспроизведения текста, который преобразуется в изображении только при рендеринге.

Наряду с перечисленными достоинствами у векторной информационной модели изображения имеются и недостатки:

- ❑ Сложность в освоении, что обусловлено включением в состав модели большого числа классов графических объектов. На изучение этих классов и методов работы с ними требуется немало времени.
- ❑ Данная модель не является унифицированной. В разных программных средствах компьютерной графики используется различная номенклатура классов графических объектов и различные структуры классов составных графических объектов. За счет этого переход на новый векторный графический редактор может потребовать значительных затрат времени и труда на изучение новой версии векторной информационной модели.
- ❑ Автоматическое построение векторной модели изображения представляет собой очень сложную задачу. Программы трассировки позволяют преобразовать пиксельное изображение в векторное представление, но они не могут автоматически структурировать получившуюся совокупность векторных объектов, из-за чего утрачивается основное достоинство векторной информационной модели. Поэтому большая часть векторных информационных моделей составляется пользователями вручную (см. разд. 2.9.4–2.9.6).
- ❑ Техника работы с этой моделью плохо приспособлена для создания фотореалистичных изображений. Векторные изображения, как правило, слишком резкие, плоскостные, "мультишные". Чтобы добиться реалистичности векторного изображения, необходима сложная информационная модель и большой опыт работы с графическим редактором.

1.2.4. Пиксельная информационная модель

В этом разделе рассматриваются устройство и основные свойства базовой информационной модели пиксельного изображения, на основе которой разработаны все форматы пиксельных графических документов.

Исходное изображение до преобразования его в пиксельную информационную модель может быть представлено в виде плоского отпечатка, объемной сцены реального или виртуального мира, ранее построенной векторной или пиксельной информационной модели. Для формирования пиксельной информационной модели изображения выполняется его *растрирование*.

ПРИМЕЧАНИЕ

Растрированием называется разбиение плоскости на одинаковые по форме выпуклые области, прилегающие друг к другу без зазоров — элементы растра. Простейшие варианты растрирования выполняются с помощью квадратных, прямоугольных и правильных шестиугольных элементов. Растрирование представляет собой частный случай *тесселяции* — процедуры, при которой на форму получающихся элементов не накладывается требование выпуклости. Растрирование в компьютерной графике может выполняться аппаратно (при сканировании или съемке) и программно (в процессе рендеринга).

Затем в пределах каждого из элементов растра выполняется усреднение цветовой характеристики. Если вся площадь элемента окрашена одним цветом, цветовая характеристика остается неизменной. Если в пределах элемента имеются области различных цветов, выводится усредненное значение в соответствии с алгоритмом усреднения. После выполнения усреднения элемент растра становится пикселем — элементарным объектом пиксельного изображения. Итак, *пиксел* (в некоторых публикациях *пиксель*) — это элемент растра изображения с усредненной цветовой характеристикой. Совокупность всех пикселей, составляющих изображение, также называется *растром*.

ПРИМЕЧАНИЕ

В принципе, элементы тесселяции могут быть весьма причудливой формы, но на практике в информационной модели пиксельного изображения встречаются только растры с прямоугольными (чаще всего — квадратными) элементами.

ПРИМЕЧАНИЕ

К сожалению, в литературе по компьютерной графике широко распространен другой термин для обозначения пиксельной информационной модели — *точечная информационная модель*. Его следует считать неточным и устаревшим; в *главе 3.1* показано, что пиксел и точка — термины, обозначающие различные объекты.

В базовом варианте область данных пиксельной информационной модели изображения состоит из последовательности дескрипторов, каждый из которых описывает один пиксел изображения. Координаты пиксела не указываются в дескрипторе, поскольку его место в растре можно однозначно определить по порядковому номеру дескриптора и размеру растра. Следовательно, в дескрипторе достаточно указать только характеристику цвета. Способ пред-

Вопросы, связанные с выбором оптимальных параметров растра, позволяющих минимизировать утрату визуальной информации, рассматриваются подробнее в *разд. 3.1.1–3.1.6*. Цветовые модели и их влияние на размер пиксельной информационной модели описаны в *главе 1.3*. Здесь ограничимся перечислением основных достоинств и недостатков пиксельной информационной модели. Начнем с достоинств.

- ❑ Процедура построения пиксельной информационной модели легко автоматизируется. Сканирование позволяет строить пиксельную информационную модель плоского отпечатка, фотографирование цифровой камерой — реальной сцены или объекта, трехмерное моделирование с последующим рендерингом — сцены или объекта виртуального мира.
- ❑ Однородная структура данных пиксельной модели позволяет редактировать изображение на любом уровне глобальности. Одним и тем же способом можно, например, изменить цветовую характеристику как всего изображения, так и единственного пиксела. Это позволяет выполнять очень тонкую корректировку изображений.
- ❑ При малых размерах пикселей изображение может быть очень реалистичным, передавая все мелкие детали и цветовые нюансы.
- ❑ Алгоритм рендеринга базовой пиксельной информационной модели достаточно прост и не требует большой вычислительной мощности и продолжительного времени. Вывод контрольного изображения на экран и на печать осуществляется сравнительно быстро.

Впрочем, пиксельная информационная модель имеет и существенные недостатки.

- ❑ Число пикселей в растре жестко фиксируется в момент построения модели. При необходимости увеличить размеры изображения приходится либо менять размеры пикселей, либо повторять процедуру построения растра — выполнять повторное растривание. В *главе 3.1* показано, что и то, и другое приводит к нежелательным последствиям, выражающимся в резком снижении качества изображения и появлении артефактов. На *рис. 1.2.7* показан пример увеличения размеров пиксельного изображения: отчетливо видны зазубривание кромок и появление вдоль них размытой зоны.
- ❑ При необходимости уменьшить размеры изображения при сохранении параметров растра (числа пикселей) устройство печати не сможет воспроизвести пиксели слишком малого размера, и часть визуальной информации утрачивается в процессе рендеринга. При сохранении размеров пикселей приходится выполнять повторное растривание, что приводит к тем же результатам.

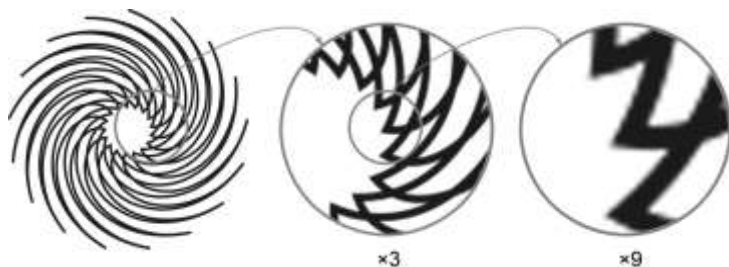


Рис. 1.2.7. Увеличение размера изображения при работе с пиксельной информационной моделью

- ❑ Базовая пиксельная модель слабо структурирована. В отличие от векторной модели, в ней невозможно связать структурные части модели со структурными компонентами изображаемых объектов или сцен. Это приводит к значительным затруднениям при выделении таких компонентов для последующего редактирования. Из-за этого при работе с пиксельным графическим редактором много времени уходит на выполнение вспомогательных операций выделения части изображения.
- ❑ Если графический проект требует отпечатков крупного размера и большой четкости при высокой точности воспроизведения цвета, пиксельная информационная модель становится слишком громоздкой. Время обработки такой модели резко возрастает, и с ней приходится работать по частям.

Список новых терминов

- ❑ Артефакт
- ❑ Графический документ
- ❑ Графический проект
- ❑ Дескриптор
- ❑ Импорт
- ❑ Интерфейс пользователя
- ❑ Информационная модель изображения
- ❑ Метод информационной модели
- ❑ Пиксел
- ❑ Растр
- ❑ Растрирование
- ❑ Рендеринг

- ☐ Сканирование
- ☐ Сохранение
- ☐ Тесселяция
- ☐ Формат графического файла
- ☐ Экспорт

Контрольные вопросы

1. Чем определяются структура и размер дескриптора информационной модели изображения?
2. Какие роли играют данные и методы информационной модели изображения?
3. Каким образом реализуются методы информационной модели изображения?
4. В каком соотношении находятся информационные модели изображения и графического документа?
5. Чем обусловлено совместное существование нескольких форматов графических файлов?
6. Каковы основные этапы графического проекта?
7. Какова роль информационной модели изображения в работе над графическим проектом?
8. Что понимается под "пустой" информационной моделью для векторного и пиксельного изображений?
9. Для чего и на каких этапах в графических проектах используется клипарт?
10. Почему при работе над графическим проектом сканер и фотокамеру можно считать однотипными устройствами?
11. Какие операции могут выполняться над информационной моделью в процессе редактирования?
12. Какова роль графического редактора в работе над графическим проектом?
13. Из чего состоит графический интерфейс пользователя?
14. Почему пользовательские интерфейсы различных графических редакторов, предназначенных для работы с одной и той же информационной моделью изображения, отличаются друг от друга?
15. Для чего необходимо контрольное изображение?
16. Какова роль процедуры рендеринга?
17. Почему в процессе построения контрольного изображения рендеринг выполняется упрощенно?

18. Из-за чего контрольное изображение, построенное по информационной модели, не может быть точной копией отпечатка, полученного по той же модели?
19. Что происходит в процессе сохранения информационной модели изображения?
20. Каково назначение процедур импорта и экспорта?
21. Чему соответствуют в изображении дескрипторы векторной информационной модели изображения?
22. Почему структура дескрипторов векторной информационной модели изображения меняется от объекта к объекту?
23. Что представляют собой составные графические объекты векторной информационной модели изображения?
24. С какой целью графическим объектам векторной информационной модели изображения даются уникальные имена?
25. Что происходит при рендеринге векторной информационной модели изображения?
26. Почему выделение части изображения при работе с векторной информационной моделью выполняется проще, чем с пиксельной?
27. Вследствие каких операций в составе информационной модели изображения появляются артефакты и визуальный шум?
28. От чего зависит объем векторной информационной модели изображения?
29. По каким причинам интерфейсы пользователя графических редакторов для работы с векторными изображениями различаются сильнее, чем аналогичные интерфейсы редакторов для работы с пиксельными изображениями?
30. Какова основная причина, осложняющая автоматическую трассировку пиксельных изображений?
31. Каково содержание процедуры растривания изображения?
32. Чем пиксел отличается от элемента растра изображения?
33. Каким образом выполняется растривание изображения при построении пиксельной информационной модели? Что служит источником изображения?
34. Что такое "усреднение цветовой характеристики"?
35. Почему в дескрипторе пиксельной информационной модели нет необходимости указывать координаты соответствующего ему пиксела?

36. Почему в процессе построения пиксельной информационной модели и ее повторного растривания неизбежно утрачивается часть визуальной информации?
37. Почему сложность изображения не оказывает влияния на размер соответствующей ему пиксельной информационной модели?
38. При каких условиях пиксельное изображение может быть реалистичным?
39. Почему масштабирование пиксельного изображения приводит к его искажениям?
40. Из-за чего значительная часть времени при работе с пиксельным графическим редактором уходит на выполнение вспомогательных операций выделения части изображения?

Темы для обсуждения

1. Задачи дизайна, в которых целесообразно преимущественное применение векторной информационной модели изображения.
2. Задачи дизайна, в которых целесообразно преимущественное применение пиксельной информационной модели изображения.
3. Автоматическое построение информационной модели изображения в художественном творчестве — "за" и "против".
4. Приемы работы над графическим проектом, позволяющие избежать масштабирования пиксельных изображений.
5. Какие дополнительные элементы следует ввести в пиксельный графический документ, чтобы компенсировать основные недостатки пиксельной модели изображения?
6. Какие дополнительные элементы следует ввести в векторный графический документ, чтобы компенсировать основные недостатки векторной модели изображения?
7. Графические проекты, в которых целесообразно совместное применение пиксельной и векторной моделей изображения.
8. Прикладные области компьютерной графики, в которых целесообразно применение той или иной информационной модели изображения.

1.3. Информационные модели цвета

В этой главе кратко рассматриваются феномен цвета, механизмы его образования и восприятия, а также устройство информационных моделей цвета, использующихся в компьютерной графике. Поскольку большинство вопросов, связанных с применением цвета в дизайнерских проектах и психологией его восприятия зрителем, рассматриваются в курсах цветоведения и основ визуальной коммуникации, здесь они практически не затрагиваются. Заключение главы посвящено вопросам, относящимся к точности воспроизведения цвета в компьютерной графике.

1.3.1. Природа цвета и физиологические основы его восприятия

Термин "цвет", являясь весьма привычным, при пристальном рассмотрении оказывается связанным с очень сложными понятиями физики, физиологии и психологии, и дать его точное определение достаточно трудно. Для целей, преследуемых в компьютерной графике, *цвет* можно определить как характеристику визуального образа, возникающего в результате взаимодействия источника (источников) света, рассматриваемого объекта и наблюдателя.

ПРИМЕЧАНИЕ

Отметим, что рассматриваемый объект может совпадать с источником света (например, экран монитора), а в качестве наблюдателя может выступать не только человек, но и прибор (например, колориметр, применяемый в процессе калибровки монитора). Тем не менее можно считать, что в отсутствие источника света, объекта или наблюдателя говорить о цвете не имеет смысла.

Функции цвета в изображении

Как составная часть изображения, цвет играет две важные роли. Во-первых, в информационной модели изображения цвет, представленный с помощью

цветовых моделей, несет информацию об изображенных предметах. Во-вторых, в процессе визуального восприятия изображения цвет воздействует на ассоциативную память зрителя и вызывает у него определенные эмоции, слабо связанные с самим изображением, но сильно влияющие на процесс его восприятия. Представим себе монохромную фотографию колибри. Рассматривая ее, можно получить представление о форме этой птицы, но о том, как она в действительности выглядит, такое изображение судить не позволяет, поскольку в нем отсутствует информация о цвете. На монохромных изображениях разные предметы можно принять за одинаковые — это пример информационной функции цвета.

Цвет стен комнаты, в которой находится наблюдатель, влияет на его настроение и ощущения. Жарким летом в комнате с голубыми стенами кажется прохладнее, чем в соседнем помещении с красными стенами — это пример эмоциональной функции цвета.

Даже оставляя в стороне психологию восприятия цвета, можно утверждать, что цветоощущение — сугубо субъективный процесс. Характеристики видимого цвета сильно зависят от индивидуальных качеств наблюдателя. Даже у людей, у которых врачи не находят отклонений от нормального зрения, границы цветовых диапазонов заметно различаются. Если попросить несколько человек воспроизвести с помощью комплекта акварельных красок один и тот же образец цвета, полученные результаты всегда будут разными.

Свет

Свет представляет собой электромагнитные колебания высокой частоты, которые занимают лишь небольшую часть полного диапазона частот электромагнитных колебаний и физиологически воспринимаются зрением — одним из органов чувств человека. Длины волн видимой части спектра электромагнитных колебаний лежат в диапазоне примерно от 700 до 400 нм.

ПРИМЕЧАНИЕ

Нанометр (нм) представляет собой одну миллионную часть миллиметра. Электромагнитные колебания с длинами волн > 700 нм называются инфракрасными, а < 400 нм — ультрафиолетовыми.

В сетчатке глаза имеются светочувствительные клетки двух видов — палочки и колбочки. При попадании на них света в этих клетках начинаются химические реакции, в которых разлагаются светочувствительные пигменты (родопсин в палочках и йодопсин в колбочках). Изменение химического баланса вызывает появление импульсов в зрительном нерве, кодирующих информацию об интенсивности падающего света (его энергии). Когда эта информация

поступает в мозг, она интерпретируется как яркость и цвет. Какой цвет получится в результате интерпретации, зависит от спектрального состава света, попавшего на сетчатку.

ПРИМЕЧАНИЕ

Чаще всего свет состоит из смеси электромагнитных колебаний различных частот. Спектральный состав — это информация о том, как распределяется суммарная энергия, переносимая светом, по отдельным частотам. График, показывающий распределение энергии света по частотам, называется *спектральной диаграммой*.

Палочки реагируют примерно одинаково на все частоты видимого света. Их чувствительность к свету очень высока — человек, находившийся достаточно продолжительное время в темноте, видит даже очень слабые источники света. Колбочки содержат в себе три видоизменения йодопсина, по-разному реагирующие на частоты различных диапазонов. Чувствительность колбочек к свету много ниже, чем палочек.

Экспериментально доказано, что фиксация колбочками присутствия равномерной смеси волн сразу всех длин видимого спектра воспринимается мозгом как белый свет. Отсутствие волн из всех частей видимого спектра будет интерпретировано как черный цвет (отсутствие света).

Поскольку свет с различными длинами волн неодинаково преломляется прозрачной средой, то при пропускании белого света (равномерной смеси волн видимого спектра) через призму он разделяется на световые потоки, соответствующие различным цветам (длинам волн), как показано на рис. ЦВ-1.3.1*.

Этот эксперимент, впервые выполненный Исааком Ньютоном, наглядно показал, что световые волны с различной длиной интерпретируются системой "глаз — мозг" как разные цвета. В видимой области спектра электромагнитных колебаний условно принято выделять следующие диапазоны: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. У этих диапазонов нет четких границ, цвета плавно переходят один в другой.

Таким образом, когда колбочки фиксируют наличие световых волн длиной примерно 700 нм, мозг реагирует на это как на красный цвет. Если длина волны находится в диапазоне 450–500 нм, — виден голубой, а длина волны 400 нм соответствует фиолетовому. Это явление лежит в основе цветоощущения в целом.

Однако описанная ситуация встречается крайне редко. Дело в том, что со световыми потоками, состоящими из волн только одной длины, как и со све-

* Здесь и далее префиксом "ЦВ" отмечены рисунки, вынесенные на цветную вклейку. — *Ред.*

товыми потоками, энергия которых равномерно распределена по волнам всех возможных длин, на практике почти не приходится иметь дела.

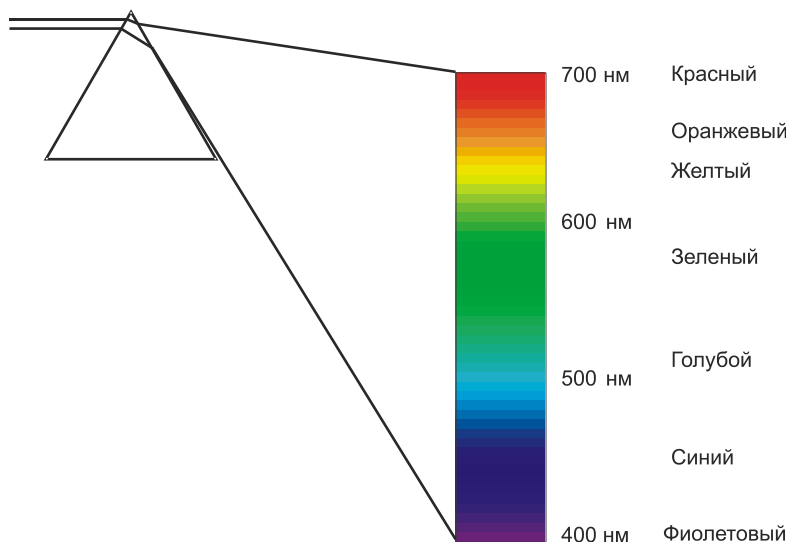


Рис. ЦВ-1.3.1. Разложение белого света на световые потоки с различными длинами волн

ПРИМЕЧАНИЕ

Исключение составляет свет лазера — чаще всего он содержит в себе волны только одной длины.

Спектральное распределение

Реальные световые потоки представляют собой сочетание волн различных длин, причем разные диапазоны представлены в этом сочетании в различных пропорциях. Такая смесь описывается спектральным распределением, графическим представлением которого является уже упоминавшаяся спектральная диаграмма. На этой диаграмме показывается, каким образом световая энергия распределяется по частотам спектра. Световой поток, соответствующий заданному спектральному распределению, всегда будет восприниматься наблюдателем как один и тот же цвет, независимо от того, каким образом он был создан. Спектральное распределение — самое полное, точное и надежное описание цвета из всех возможных. На рис. 1.3.2 представлены спектральные диаграммы для двух цветов.

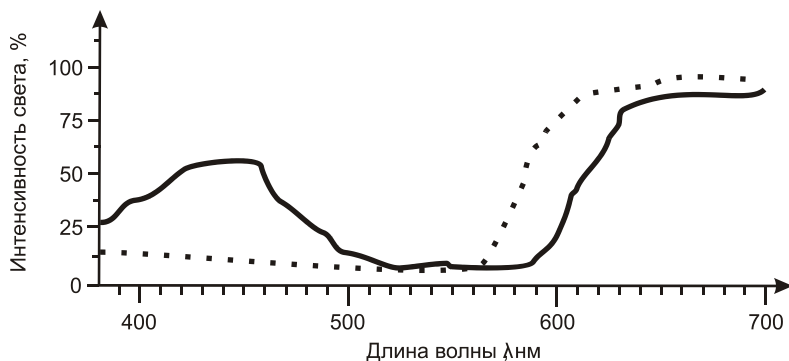


Рис. 1.3.2. Спектральные диаграммы для двух различных цветов

ПРИМЕЧАНИЕ

Приведенные на рис. 1.3.2 спектральные диаграммы были получены с помощью спектрофотометра — специального прибора, позволяющего построить спектр по образцу цвета. В качестве образцов были взяты спелая слива (сплошная линия) и строительный кирпич (точечная линия). Как можно видеть из спектральной диаграммы, цвет сливы образуется совместным воздействием волн фиолетово-синего и красного диапазонов видимого спектра, а цвет кирпича — волнами желтого и красного диапазонов.

Из того, что световые потоки, имеющие одинаковое спектральное распределение, воспринимаются как один цвет, не следует, что каждому цвету соответствует только одно спектральное распределение. Напротив, достаточно часто световые потоки, имеющие отчетливо различные спектральные распределения, воспринимаются как одинаковый цвет. Это явление получило название *метамерии*.

ПРИМЕЧАНИЕ

Метамерия может проявляться в том, что два образца цвета воспринимаются одинаково под одним освещением, но по-разному под другим, имеющим иное спектральное распределение.

Важный вывод: цвет определяется спектральным распределением светового потока, попадающего в глаз наблюдателя, следовательно, изменение спектрального распределения может привести (и чаще всего приводит) к изменению воспринимаемого цвета. Причиной изменения спектрального распределения в световом потоке может стать:

- ☐ изменение свойств источника света, излучающего этот световой поток;
- ☐ прохождение светового потока через среду, по-разному поглощающую световые волны различной длины;

- отражение светового потока от поверхности, по-разному отражающей световые волны различной длины.

Способы управляемого изменения спектрального распределения и задания значения параметров, совместно обеспечивающие воспроизведение средствами компьютерной графики желаемого цвета, составляют *цветовую модель*. Но перед тем как перейти к рассмотрению конкретных цветковых моделей, необходимо ознакомиться с двумя основными способами формирования цвета и особенностями, связанными с их применением.

1.3.2. Излученный и отраженный свет

Излученный и отраженный потоки света при полной физической идентичности, тем не менее, приходится рассматривать по-разному. Например, в слабо освещенной или совсем темной комнате фотография в альбоме почти незаметна, но она прекрасно видна при отображении на экране монитора. Причина проста — монитор преобразует электрическую энергию источника питания в световое излучение, являясь, таким образом, источником света. Бумажный или картонный лист, чистый или с изображением таким источником не является. Он только отражает световой поток, образованный отдельным источником света (например, настольной лампой).

Механизмы, которые используются в компьютерной графике и полиграфии при работе с излученными и отраженными потоками света, неодинаковы, поскольку различными оказываются способы управления спектральным распределением этих потоков.

Излученный свет

При работе с излученным светом (например, при выводе изображения на монитор или проектор) цвет можно образовать, только варьируя свойства этого источника, заставляя его изменить спектральное распределение излучаемого света.

ПРИМЕЧАНИЕ

Предполагается, что среда, в которой распространяется световой поток на пути от источника к наблюдателю, прозрачна, т. е. не ослабляет этот поток или ослабляет его равномерно во всем диапазоне частот. Это условие не всегда соблюдается. Например, морская вода поглощает волны красного диапазона значительно сильнее, чем зеленого и синего.

Однако эта задача в общем трудноосуществима. Спектральное распределение достаточно сложно представить в виде информационной модели, а его произ-

вольное изменение для конкретного источника света в широком диапазоне — до сих пор техническая проблема, не имеющая удовлетворительного решения. К счастью, в компьютерной графике достаточно более простого решения — получить не световой поток с заданными спектральными характеристиками, а цвет, который этот поток вызывает при визуальном восприятии. Эта задача решается путем сложения световых потоков, создаваемых несколькими источниками с фиксированным спектральным распределением, в разных пропорциях. В основе синтеза цвета лежит ранее рассмотренное явление метамерии и законы Грассмана.

ПРИМЕЧАНИЕ

Герман Гюнтер Грассман (Hermann Günther Grassmann, 1809–1877) — немецкий физик, математик и филолог, занимавшийся экспериментальным исследованием цветного зрения.

Эти три закона, сформулированные в середине XIX века, чрезвычайно важны для компьютерной графики.

1. Любые четыре цвета находятся в линейной зависимости. Это означает, что любой цвет может быть получен в виде пропорциональной смеси трех линейно независимых базовых цветов. В качестве базовых можно выбрать, например, красный, зеленый и синий или желтый, бирюзовый и пурпурный. Выбрать базовые цвета можно бесконечным числом способов.
2. Если в смеси трех базовых цветов один из них изменять непрерывно, то итоговый цвет будет меняться тоже непрерывно.
3. Цвет смеси определяется только цветами смешиваемых компонентов и не зависит от их спектрального распределения.

Из первого закона вытекает, что цвет можно описать с помощью трех числовых параметров, определяющих пропорции базовых цветов при смешивании. Из второго закона следует, что цвет непрерывен, — любой цвет можно получить из любого другого, плавно меняя пропорцию смеси базовых цветов, и при этом всем промежуточным состояниям смеси будут соответствовать свои цвета.

Два первых закона Грассмана позволяют ввести очень важное понятие компьютерной графики — цветовое пространство. *Цветовое пространство* — это геометрическое место точек, каждая из которых соответствует определенному цвету.

ПРИМЕЧАНИЕ

По смыслу к цветовому пространству близок *цветовой охват* (gamut) — термин, обозначающий всю совокупность цветов, которую можно воспроизвести в рамках одной цветовой модели или на конкретном устройстве вывода.

Положение этих точек определяется в трехмерной системе *цветовых координат*. В различных цветовых моделях цветовые координаты могут иметь разный физический смысл. Например, каждая из координат цветового пространства может соответствовать одному базовому цвету. В этом случае значения координат равны долям базовых цветов в смеси, соответствующей сопоставленному точке цветового пространства цвету. Независимо от выбранной цветовой модели цветовое пространство всегда трехмерно — это вытекает из первого закона Грассмана.

Из третьего закона Грассмана следует, что если есть два визуально одинаковых цвета с различным спектральным составом, то результат их смешения с третьим цветом в обоих случаях будет одинаков. Это значит, что при формировании смеси цветов на цвет результата влияют не спектральные распределения источников света, а их цвет.

Смешивание световых потоков, соответствующих базовым цветам, выполняется, как правило, не в источнике света, а в глазу наблюдателя за счет подробно описанного в *разд. 3.1.1* явления визуального смыкания. Так что технически задача синтеза цвета сводится к выполнению следующих этапов:

- выбору базовых цветов;
- созданию источников с необходимым спектральным распределением, формирующих световые потоки, образующие эти цвета;
- реализации механизма управления мощностью световых потоков, излучаемых этими источниками.

Эта техническая задача имеет множество вполне приемлемых решений.

Отраженный свет

При работе с отраженным светом источник света и рассматриваемый объект не совпадают. Наблюдатель видит объект, не излучающий света, за счет светового потока, отраженного от его поверхности. Если на объект не будет падать свет от отдельного источника (или нескольких источников), от его поверхности ничего не будет отражаться, и наблюдатель его не увидит.

При падении светового потока на поверхность объекта параллельно протекают два процесса: отражение и преломление, которые на рис. 1.3.3 условно представлены в виде стрелок.

Одна часть падающего света отражается от поверхности объекта, образуя отраженный световой поток (именно он и воспринимается наблюдателем визуально), другая — преломленный световой поток, направленный внутрь объекта. В зависимости от физических свойств поверхности объекта расщеп-

ление падающего на нее светового потока происходит в различных пропорциях для разных длин световых волн. Отсюда следует важный вывод: при отражении светового потока от поверхности объекта его спектральное распределение может измениться. Как следствие, это ведет к изменению цвета светового потока при отражении. Если на поверхность падает световой поток с равномерным спектральным распределением, он имеет белый цвет. Но после поглощения части световых волн объектом белый цвет изменяется, превращаясь в хроматический (имеющий цветовую составляющую). Субъективно это воспринимается наблюдателем как присутствие того или иного цвета у отражающего объекта.

Следовательно, механизм образования цвета неизлучающего объекта состоит в управлении спектральным распределением отраженного от внешнего источника светового потока. Это проявляется в виде ослабления или подавления в отраженном световом потоке отдельных волновых диапазонов за счет изменения физических свойств отражающей поверхности (в простейшем случае — нанесением на объект краски).

Технически задача синтеза цвета при отражении света сводится к следующему:

- ❑ выбору краски, ослабляющей интенсивность светового потока в отдельных волновых диапазонах;
- ❑ формированию необходимого для создания желаемого цвета спектрального распределения отраженного светового потока за счет нанесения этой краски на поверхность объекта.

Эта задача успешно решается с помощью полиграфических производственных процессов и применения печатающих устройств.

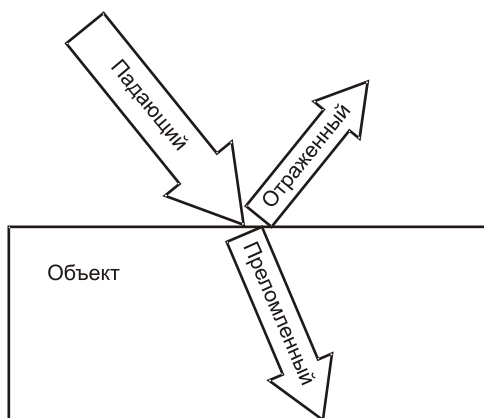


Рис. 1.3.3. Отражение и преломление светового потока, падающего на поверхность объекта

Роль внешнего источника света

Однако в отличие от излучения света, когда на создаваемый цвет почти не влияют внешние условия, при отражении огромную роль играет спектральное распределение внешнего источника света. Если лист белой бумаги освещен источником с равномерным спектральным распределением, он будет выглядеть белым, поскольку примерно одинаково отражает все падающие на него световые волны. Но если тот же лист поместить под синюю лампу, он будет выглядеть синим. Лист по-прежнему отражает все падающие на него световые волны, только теперь в их составе практически нет ни красного, ни зеленого, ни других цветовых диапазонов (отличных от синего).

Изменим условия эксперимента, поместив под источник белого света красный лист бумаги. Поскольку цвет этого листа воспринимается как красный, можно сделать вывод, что при отражении от его поверхности световой поток в значительной степени утратил все волновые диапазоны, кроме красного — поверхность листа поглотила их. Если тот же лист поместить под синюю лампу, он будет выглядеть черным. Это объясняется тем, что синий волновой диапазон поглощается поверхностью бумаги, а других составляющих в падающем световом потоке просто нет. От листа ничего не отражается, и он воспринимается как черный.

Важный вывод: восприятие цвета в отраженном свете сильно зависит от спектрального распределения внешнего источника освещения. Поэтому при измерении цвета (колориметрии) и построении точных цветовых моделей необходимо учитывать характеристики источников света (см. табл. 1.3.1).

Принципиальные различия в механизмах образования цвета при излучении и отражении света требуют применения для этих случаев различных цветовых моделей. Некоторые такие модели рассматриваются в последующих разделах.

1.3.3. Ахроматические модели

Из материала, приведенного в предыдущем разделе, следует, что белый цвет воспринимается наблюдателем в том случае, когда световой поток в равных пропорциях содержит в себе излучения всех длин волн видимой части спектра. Черный цвет соответствует отсутствию светового потока или (что то же самое) световому потоку, в котором интенсивность всех световых волн равна нулю. Если же интенсивность световых волн в пределах видимого диапазона остается равной, но отличается от нуля и меньше 100%, то наблюдатель видит серый цвет. Поскольку спектральное распределение светового потока для любого оттенка серого цвета остается равномерным (спектральные диаграммы совпадают с точностью до постоянного множителя), принято считать серый,

черный и белый оттенками одного и того же цвета, называемого *ахроматическим* (не содержащим цветовой составляющей). Для описания изображений, содержащих только ахроматические цвета, используются две информационные модели — штриховая и монохромная.

Штриховая модель

Штриховым называется изображение, в информационной модели которого дескриптор цвета может принимать только одно из двух фиксированных значений. Это означает, что в пиксельном изображении пиксели могут быть лишь одного из двух цветов, а в векторном изображении все объекты могут иметь заливку и обводку только одного цвета.

Цветовое пространство штриховой модели включает в себя только две точки, соответствующие двум базовым цветам штриховой модели. Эти цвета принято называть цветом переднего плана и фоновым цветом. Штриховая цветовая модель не предусматривает возможности смешивания базовых цветов, они всегда присутствуют в изображении только в чистом виде. Поэтому для описания цвета в такой информационной модели достаточно единственного логического значения. Следовательно, в памяти компьютера дескриптор цвета штриховой модели изображения занимает 1 бит, и может принимать значения ноль или единица. Этим обусловлено главное достоинство штриховой модели — ее компактность.

Штриховая модель подходит для представления таких изображений, как офорты, гравюры, рисунки пером и шариковой ручкой. Несмотря на кажущуюся ограниченность и простоту, данная модель очень часто применяется при решении задач компьютерной графики.

Как вытекает из изложенного ранее, цвет переднего плана должен быть черным, а фоновый цвет — белым. Из-за этого штриховую модель довольно часто называют моделью черно-белого изображения. Этот термин представляется не очень удачным по нескольким причинам:

- аналогичным термином иногда обозначают монохромные изображения с белым и черным базовыми цветами;
- от перемены мест черного и белого ничего не меняется — любой из этих цветов может быть как фоновым, так и цветом переднего плана;
- вместо черного и белого возможны любые другие фиксированные цвета, и при этом ни суть модели, ни методы для работы с ней не изменяются.

Основные приемы работы со штриховыми изображениями описаны в *разд. 3.6.1*.

Монохромная модель

Монохромная модель цвета представляет собой расширение штриховой модели, достигаемое за счет введения в цветовое пространство цветов, полученных смешиванием базовых цветов модели. *Монохромным* называется изображение, в котором используются цвета, полученные смешиванием в различных пропорциях двух фиксированных базовых цветов. Цвета, промежуточные по отношению к базовым цветам монохромной цветовой модели, называются *оттенками*. Оттенки отличаются друг от друга процентным содержанием базовых цветов. Как правило, в названии оттенка указывают содержание только одного базового цвета. Например, если в качестве цвета переднего плана выбран синий, а в качестве фонового — белый, то оттенки определяются следующим образом: "20%-ный оттенок сине-белой монохромной модели цвета".

ПРИМЕЧАНИЕ

В подавляющем большинстве случаев как минимум один из базовых цветов монохромной модели — ахроматический. Тогда хроматика (цветность) всех оттенков такой модели имеет одинаковое значение, т. е. оттенки *монохромны*. При использовании в качестве базовых двух различных цветов, получившиеся оттенки модели уже не будут монохромными, их хроматика меняется от оттенка к оттенку. Однако в рамках курса компьютерной графики такую цветовую модель тоже целесообразно считать монохромной, поскольку она устроена точно так же, как истинно монохромная цветовая модель, и работают с ней теми же методами.

Чаще всего в качестве базовых цветов монохромной модели выбирают черный и белый. В этом случае в названии монохромной модели базовые цвета не указываются. Если упоминается 40%-ный оттенок без дополнительных замечаний, речь идет о цвете, полученном смешиванием 40% черного и 60% белого цвета.

Цветовое пространство монохромной модели непрерывно и содержит в себе бесконечное число цветов. В компьютерной графике их принято упорядочивать по возрастанию доли базового цвета переднего плана. Упорядоченная совокупность всех цветов монохромной модели цвета называется *монохромной шкалой* или *шкалой градаций базового цвета*. Шкала градаций черного цвета представлена на рис. 1.3.4.

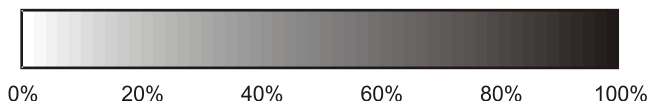


Рис. 1.3.4. Шкала градаций черного цвета

ПРИМЕЧАНИЕ

Когда употребляется термин "шкала градаций цвета", предполагается, что второй базовый цвет монохромной шкалы — ахроматический, т. е. черный или белый. Шкалу градаций черного цвета часто называют шкалой градаций серого. Поскольку серый цвет — это промежуточный оттенок монохромной модели с черным и белым базовыми цветами, данный термин не совсем точен.

На рис. 1.3.5 представлены штриховое и монохромное изображения одного и того же предмета.

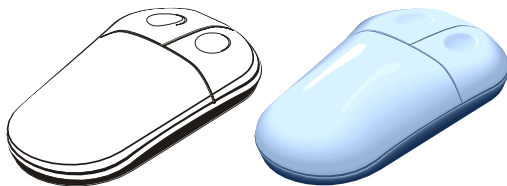


Рис. 1.3.5. Штриховое и монохромное изображения манипулятора "мышь"

Монохромная модель цвета очень широко применяется в компьютерной графике и полиграфии. Подавляющее большинство иллюстраций в этом учебнике подготовлены именно в виде монохромных изображений. Эта модель удобна для представления монохромных фотографий, деловой и художественной ахроматической графики, иллюстраций и схем.

ПРИМЕЧАНИЕ

Нецветные фотографии принято называть черно-белыми. На самом деле они являются ахроматическими монохромными изображениями. Оттенки черного цвета в таких фотографиях образуются за счет различной степени потемнения мелко размолотых частиц светочувствительного препарата серебра, содержащегося в верхнем слое фотографической бумаги. Применение специальных окрашивающих препаратов (вирирование) позволяет переходить от ахроматической шкалы к хроматической, при этом черный цвет серебра заменяется равным ему по оттенку хроматическим цветом соли металла. Таким способом получают отпечатки с коричневым (сепия), синим и красным цветом переднего плана.

Ранее уже отмечалось, что монохромная модель включает в себя бесконечное число цветов. На практике в этом нет необходимости, поэтому непрерывную монохромную шкалу заменяют на дискретную, разбитую на конечное число участков, внутри каждого из которых цвет не меняется. В полиграфии монохромную шкалу принято разделять на 100 участков и обозначать оттенки целыми процентами. В компьютерной графике монохромную шкалу чаще разбивают на 256 участков, обозначая оттенок номером соответствующего ему участка (0 соответствует черному цвету, а 255 — белому).

ПРИМЕЧАНИЕ

Выбор числа 256 обусловлен спецификой представления дескриптора цвета монохромной модели в памяти компьютера. $256 = 2^8$, следовательно, для хранения в памяти одного числа, меняющегося в диапазоне от 0 до 255, требуется 8 битов (один байт).

Число двоичных разрядов, которые отводятся в информационной модели цвета для хранения информации о цвете одного элемента изображения, называют *глубиной цвета* или *цветовой разрешающей способностью* модели. Глубина цвета измеряется в битах на элемент (в пиксельной модели изображения — в битах на пиксел, сокращенно bpp). Чтобы определить, какое количество цветов содержит цветовое пространство модели, достаточно возвести двойку в степень, равную глубине цвета. Следовательно, глубина цвета монохромной модели, в которой шкала разбита на 256 участков, равна восьми.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для штриховой модели с двумя базовыми цветами глубина цвета равна единице.

Помимо основного назначения (представления монохромных изображений), монохромная модель в компьютерной графике обеспечивает выполнение множества технологических операций. В виде монохромного изображения хранятся маски и альфа-каналы (см. разд. 3.5.4), каналы цвета (см. разд. 3.4.4) и деленные формы, получающиеся в процессе цветоделения (см. разд. 3.11.4). Рассмотренные в разд. 3.9.5 дуплексы представляют собой совокупность совмещенных при выводе монохромных изображений. Это обеспечивает исключительную важность монохромной модели цвета и монохромных изображений.

1.3.4. Модель индексированного цвета

В модели индексированного цвета цветовое пространство не является непрерывным. Так же, как в штриховой модели, число цветов здесь ограничено. *Индексированной моделью* цвета называется нумерованная совокупность цветов, составляющих палитру. *Палитрой* называется таблица образцов цвета, устанавливающая соответствие номера ячейки палитры (*индекса*) тому или иному цвету. Определение цвета каждого из образцов в палитре выполняется средствами аддитивной цветовой модели (см. разд. 1.3.5). Дескриптор цвета индексированной модели содержит в себе только номер цвета в палитре.

Число цветов в модели индексированного цвета может выбираться при составлении палитры. Как правило, размер палитры представляет собой целую степень двойки (4, 8, 16, 32, 64, 128 или 256 цветов). В палитру всегда вклю-

чают черный и белый цвета. Одна из ячеек палитры резервируется под "прозрачный" цвет.

ПРИМЕЧАНИЕ

При рендеринге изображения, в информационной модели которого используется индексированная модель цвета, элементы изображения, которым назначен прозрачный цвет, не обрабатываются — на их месте остается фоновое изображение.

В зависимости от размера палитры меняется глубина цвета индексированной модели. Она может составлять от двух до восьми битов на элемент изображения. При глубине цвета, равной единице, индексированная модель цвета превращается в штриховую.

Палитра индексированного изображения может быть стандартной или локальной. Стандартные палитры составляются заранее. Имеются стандартные палитры для наиболее распространенных операционных систем, обозревателей Web, шкалы градаций черного цвета и др. При работе со стандартными палитрами нет необходимости включать их в информационную модель изображения, поскольку они входят в состав прикладного и системного программного обеспечения.

Локальные палитры строятся на основе анализа конкретного изображения. Эта процедура может проводиться вручную, но чаще средствами графических редакторов. При автоматическом построении палитры выбирается ее размер и алгоритм выбора образцов цвета. На рис. 1.3.6 представлено одно и то же изображение, преобразованное в индексированную модель с различной глубиной цвета.

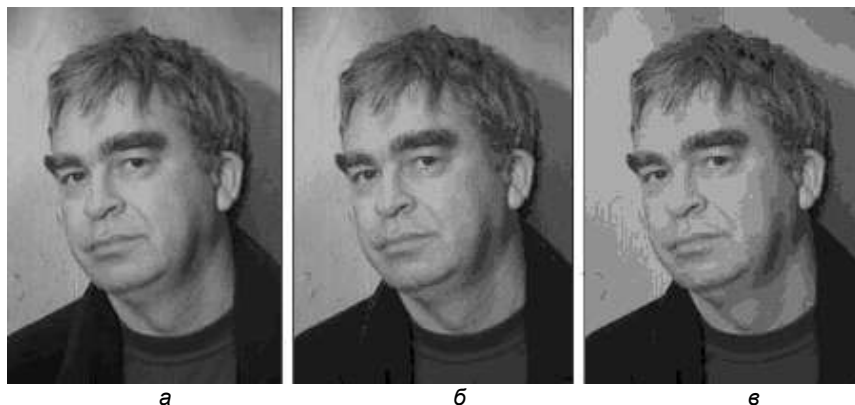


Рис. 1.3.6. Индексированная модель цвета:

а — глубина цвета 6 битов; б — глубина цвета 5 битов; в — глубина цвета 4 бита

В компьютерной графике индексированная модель цвета применяется довольно давно. Первые цветные мониторы позволяли работать только с изображениями, представленными с помощью этой модели, причем глубина цвета была очень невелика, всего 4 бита, и существовали только фиксированные палитры. Сегодня изображения с индексированной моделью цвета еще остаются в анимации и WWW, но для экранных приложений (компьютерных игр, тренажеров, мультимедийных презентаций) разработаны более совершенные цветовые модели.

Имитация цвета

Размер палитры ограничивает число цветов, которые могут одновременно присутствовать в изображении на основе индексированной модели цвета. Однако при работе с пиксельными изображениями и достаточно малом размере пикселей визуально может восприниматься значительно больше цветов, чем имеется в палитре. Это достигается за счет *имитации цвета* (dithering) — приема, основанного на явлении визуального смыкания, описанном в разд. 3.1.1. При имитации цвета смежные пиксели изображения, окрашенные цветами, выбранными из палитры, визуально воспринимаются в виде более крупного пятна, причем его цвет, образованный за счет смешивания цветов нескольких пикселей, в палитре не присутствует. На рис. 1.3.7 в методических целях этот прием представлен для изображения со сравнительно большим размером пикселей.

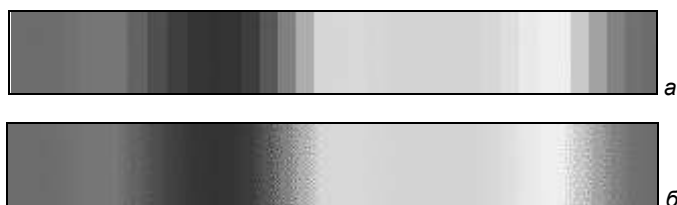


Рис. 1.3.7. Имитация цвета для монохромного индексированного изображения: а — имитация отсутствует; б — имитация цвета по методу диффузии

Имитация цвета — важный прием, использующийся не только совместно с индексированной моделью, но и с описанными в последующих разделах полноцветными моделями.

1.3.5. Аддитивная модель

Аддитивными моделями цвета (от англ. *add* — складывать) называются цветные модели, в которых световой поток со спектральным распределением, визуально воспринимаемым как нужный цвет, создается на основе операции пропорционального смешивания света, излучаемого тремя источниками. Схемы смешивания могут быть различными, одна из них представлена на рис. ЦВ-1.3.8.

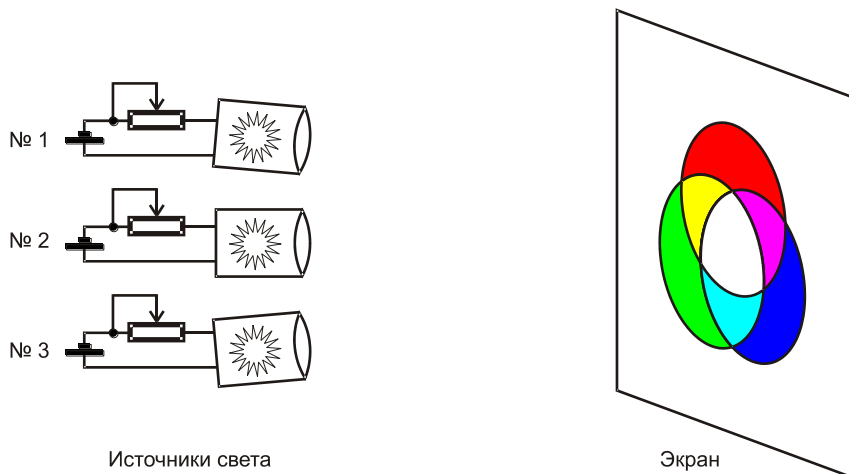


Рис. ЦВ-1.3.8. Схема смешивания световых потоков в аддитивной модели цвета

Аддитивная модель цвета предполагает, что каждый из источников света имеет свое постоянное спектральное распределение, а его интенсивность регулируется.

Существуют две разновидности аддитивной модели цвета: аппаратно-зависимая и перцептивная. В *аппаратно-зависимой модели* цветовое пространство зависит от характеристик устройства вывода изображения (монитора, проектора). Из-за этого одно и то же изображение, представленное на основе такой модели, при воспроизведении на различных устройствах будет восприниматься визуально немного по-разному. *Перцептивная модель* построена с учетом особенностей зрения наблюдателя, а не технических характеристик устройства.

Модель RGB

Название этой модели происходит от аббревиатуры, состоящей из первых букв английских названий ее базовых цветов (см. разд. 1.3.2). Красный, зеленый и синий цвета были выбраны в качестве базовых потому, что эти волновые диапазоны видимой части спектра максимально удалены друг от друга. Кроме того, они близки к диапазонам, на которые избирательно реагируют колбочки сетчатки.

Цветовое пространство модели RGB непрерывно, но принято разбивать диапазоны интенсивности свечения источников на 256 интервалов. Нулевое значение соответствует отсутствию свечения, 255 — максимальной интенсивности, которую обеспечивает источник света. На рис. ЦВ-1.3.9 цветовое пространство RGB представлено в виде куба в декартовой системе координат, в которой каждая из осей соответствует интенсивности свечения одного из источников базового цвета.

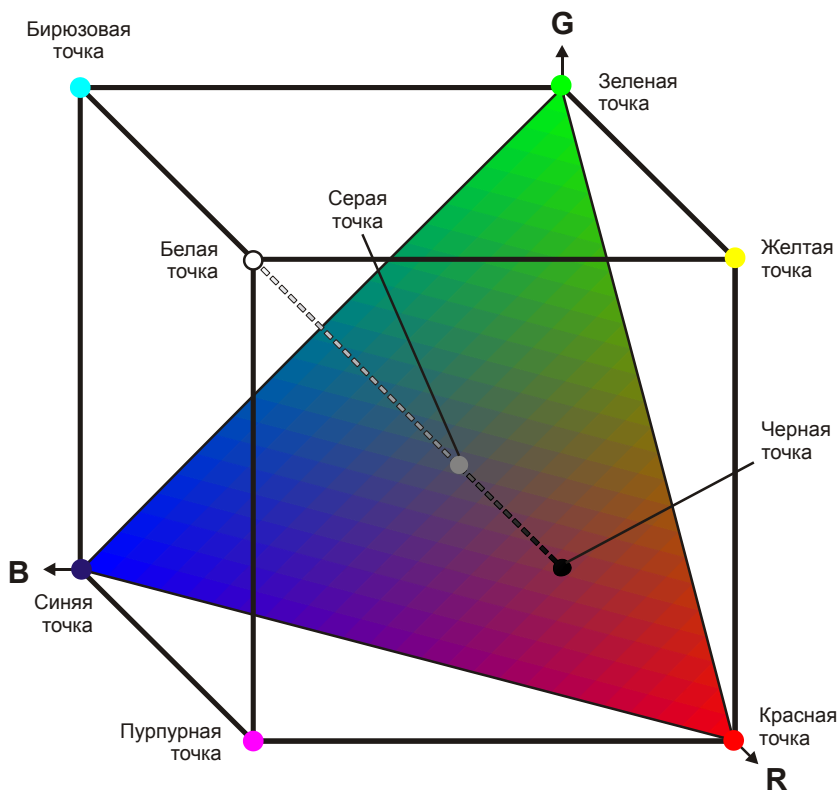


Рис. ЦВ-1.3.9. Цветовое пространство модели RGB

На гранях куба, определяющего цветовое пространство, и внутри него каждой точке соответствует свой цвет. При разбиении каждой из осей цветовых координат на 256 интервалов глубина цвета модели составляет 24 бита. Это означает, что в ней имеется 2^{24} цветов, т. е. 16 777 216.

ПРИМЕЧАНИЕ

В задачах, требующих высокой точности воспроизведения цвета, может устанавливаться удвоенная глубина цвета 48 битов и даже учетверенная — 96 битов. Конечно, при этом соответственно вдвое или вчетверо увеличивается объем памяти, необходимый для размещения информационной модели изображения.

Местоположение любой точки (а значит, и любого цвета) в цветовом пространстве задается тремя числами, соответствующими значениям цветовых координат. Запись этих чисел в виде $RxGyBz$ (где x , y и z — целые числа от 0 до 255) называется *формулой цвета RGB*.

В цветовом пространстве RGB имеются характерные точки и линии. Формуле цвета $R0G0B0$ соответствует точка в начале цветовых координат и черный цвет (интенсивность излучения всех трех источников света равна нулю). Формуле цвета $R255G255B255$ соответствует "белая" точка, в ней интенсивность свечения всех источников максимальна. Эти две точки соединяет диагональ куба, вдоль которой расположены цвета монохроматической шкалы — оттенки черного цвета. Эти точки соответствуют ахроматическим цветам. На пересечении диагоналей куба расположена "серая" точка $R127G127B127$, определяющая цвет, который в компьютерной графике называется *нейтральным серым*.

Линии, проведенные через "черную" точку и произвольно выбранную точку куба, представляют собой монохроматические шкалы, в которых в качестве фонового цвета выступает черный, а цветом переднего плана является цвет, соответствующий выбранной точке. Линии, проведенные через "белую" точку и произвольно выбранную точку куба, представляют собой монохроматические шкалы, в которых в качестве фонового цвета выступает белый, а цветом переднего плана является цвет, соответствующий выбранной точке.

Точки, лежащие на осях цветовых координат, соответствуют оттенкам базовых цветов модели RGB. Наиболее удалены от начала координат "красная" $R255G0B0$, "зеленая" $R0G255B0$ и "синяя" $R0G0B255$ точки. В остальных вершинах куба располагаются точки, соответствующие дополнительным цветам модели RGB:

- ❑ бирюзовому, $R0G255B255$ (обозначается латинской буквой C);
- ❑ пурпурному, $R255G0B255$ (обозначается латинской буквой M);
- ❑ желтому, $R255G255B0$ (обозначается латинской буквой Y).

Отметим важный факт — дополнительные цвета цветовой модели RGB получаются при смешивании попарно в равной пропорции ее базовых цветов.

Цветность и треугольник цветности

Большое значение имеет изображенный на рис. ЦВ-1.3.9 *треугольник цветности*, представляющий собой лежащую в пределах цветового пространства часть плоскости, проходящей через "красную", "синюю" и "зеленую" точки. Принадлежащие ему точки называются точками единичного цвета. *Цветностью* или *хроматикой* цвета в компьютерной графике называется характеристика, имеющая одинаковое значение для всех оттенков одного цвета и различные значения для любой пары оттенков разных цветов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Напомним, что оттенки получаются из спектрально чистого цвета смешиванием его с черным или белым.

Цветность определяет, в каком месте спектра располагается цвет.

Ранее уже отмечалось, что линиям, проходящим через "черную" или "белую" точку, соответствуют шкалы оттенков одного цвета. Проведем две прямые через любую точку цветового пространства RGB (заданную точку) так, чтобы одна из них прошла через "черную" точку, а другая — через "белую". Одна из этих прямых обязательно пройдет через какую-нибудь точку треугольника цветности. Причем цвета, соответствующие этой точке единичного цвета и заданной точке, будут принадлежать одной монохромной шкале и будут являться оттенками одного и того же цвета, различающимися только яркостью и насыщенностью (содержанием черного или белого). Таким образом, в треугольнике цветности "представлены" все цвета цветовой модели, хотя и оттенками различной яркости. Это позволяет использовать треугольник цветности в качестве графического представления цветового охвата модели.

В середине треугольника цветности лежит ахроматическая точка, соответствующая нейтральному серому (оттенку черного цвета). Если соединить ее с любой из точек, лежащих на сторонах треугольника цветности, то снова получится монохромная шкала. В ней в качестве базового цвета фона будет выступать нейтральный серый, а переднего плана — цвет, соответствующий заданной точке. И все точки этой шкалы будут соответствовать оттенкам одного цвета. Следовательно, чтобы задать цветность (хроматику), достаточно указать направление, в котором необходимо двигаться от серой точки к краю треугольника цветности.

Цветовой круг

Понятие цветности лежит в основе очень широко распространенной в компьютерной графике абстракции — цветового круга. *Цветовым кругом* называется диаграмма, в которой по окружности расположены спектральные цвета, в центре — ахроматическая точка, а радиусам соответствуют монохромные шкалы. На рис. ЦВ-1.3.10 приведены два варианта цветового круга, отличающиеся цветом ахроматической точки.

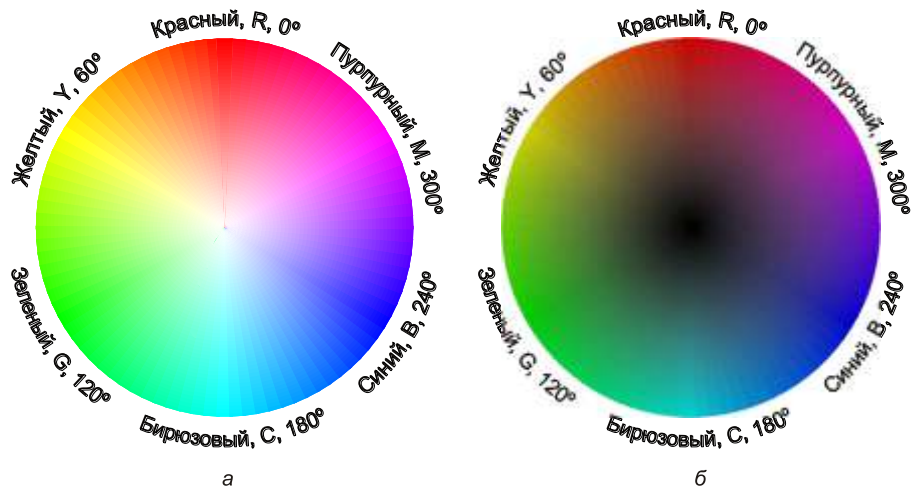


Рис. ЦВ-1.3.10. Цветовой круг: а — с белым цветом в центре; б — с черным цветом

Красный цвет условно принято изображать сверху цветового круга, а соответствующему радиусу присваивать нулевое направление. На цветовом круге цветность любого цвета выражается величиной угла, который составляет соответствующий ему радиус с нулевым направлением. Таким образом, цветность желтого цвета составляет 60°, зеленого — 120°, красного — 0°.

Цветовой круг тесно связан с цветовой моделью RGB. Если куб цветового пространства RGB спроецировать на плоскость в направлении, совпадающем с монохромной диагональю, получится шестиугольник, углы которого в точности совпадут с расположением цветов на цветовом круге.

Достоинства и недостатки модели цвета RGB

Главные достоинства модели цвета RGB состоят в ее простоте, наглядности и в том, что любой точке ее цветового пространства соответствует визуально воспринимаемый цвет. Благодаря простоте этой модели она легко реализуется

аппаратно. В частности, в мониторах управляемыми источниками света с различным спектральным распределением служат микроскопические частицы люминофора трех видов. Они хорошо заметны через увеличительное стекло, но при рассматривании монитора невооруженным глазом из-за явления визуального смыкания (*см. разд. 3.1.1*) видно непрерывное изображение. Интенсивность светового излучения в мониторах на основе электронно-лучевых трубок регулируется с помощью трех электронных пушек, возбуждающих свечение люминофоров.

Но у модели цвета RGB есть два принципиальных недостатка. Первый — недостаточность цветового охвата. Независимо от размера цветового пространства модели цвета RGB, в ней невозможно воспроизвести много воспринимаемых глазом цветов (например, спектрально чистые голубой и оранжевый). У таких цветов в формуле цвета RGB имеются отрицательные значения интенсивностей базового цвета, а реализовать не сложение, а вычитание базовых цветов при технической реализации аддитивной модели очень сложно. Этот недостаток устранен в перцептивной аддитивной модели (*см. далее*).

Второй недостаток модели цвета RGB состоит в невозможности единообразного воспроизведения цвета на различных устройствах из-за того, что базовые цвета этой модели зависят от технических параметров устройств вывода изображений. Поэтому, строго говоря, единого цветового пространства RGB не существует, области воспроизводимых цветов различны для каждого устройства вывода. Более того, даже сравнивать эти пространства численно можно только с помощью других моделей цвета.

Стандартные цветовые пространства RGB

Чтобы цветовое пространство RGB можно было использовать на различных устройствах, получая при этом одинаковые визуальные результаты, достаточно однозначно зафиксировать его базовые цвета в цветовых координатах перцептивной модели цвета. Многие программы компьютерной графики позволяют сегодня работать со стандартными цветовыми пространствами RGB, из которых наиболее часто применяются:

- *sRGB* — так называемое стандартное пространство RGB. Характеристики базовых цветов этого цветового пространства выбраны так, чтобы его можно было без искажений цвета воспроизводить на любых мониторах, даже невысокого класса. Широко применяется в графике для Web, любительской цифровой фотографии, печати на недорогих цветных принтерах. В профессиональной фотографии и полиграфии практически не применяется из-за сравнительно узкого цветового охвата — за границами этого цветового пространства лежит более половины видимых глазом цветов.

- ❑ *Adobe RGB (1998)* — расширенное цветовое пространство RGB. Первоначально это цветовое пространство разрабатывалось в рамках стандарта телевидения высокой четкости, затем получило распространение в профессиональной фотографии и сканировании изображений на сканерах высокого качества. Цветовой охват этого пространства почти на треть шире, чем у sRGB, и за счет этого на устройствах низшего класса (недорогих сканерах, мониторах, фотокамерах) многие цвета этого пространства воспроизводятся неточно.
- ❑ *Wide Gamut RGB* — цветовое пространство с теоретически максимальным цветовым охватом для модели RGB. В качестве базовых цветов выбраны чистые спектральные цвета. При стандартной глубине цвета слишком много цветов из цветового охвата этого пространства становятся недоступными, поэтому для работы необходима глубина цвета 48 бит и выше.

Для определения и проверки эталонных базовых цветов стандартизированных цветовых пространств RGB применяют перцептивные цветовые модели XYZ или Lab.

Модели XYZ и xyY

Исследования человеческого зрения показали, что аддитивный синтез цвета по схеме с тремя базовыми световыми потоками (см. рис. ЦВ-1.3.8) имеет существенные ограничения. В частности, если источники излучают свет визуально воспринимаемого диапазона, то при любом сочетании базовых цветов не удастся получить все цвета, видимые глазом.

На протяжении первой трети XX века Международная комиссия по освещению проводила исследования физиологии человеческого зрения, на основе которых в 1931 году была предложена перцептивная цветовая модель, получившая название XYZ.

ПРИМЕЧАНИЕ

Международная комиссия по освещению, МКО (Commission Internationale de l'Eclairage, CIE) — интернациональный орган, работавший первоначально под эгидой Парижской палаты мер и весов, внесла огромный вклад в изучение цвета. На основе полученных этой комиссией научных результатов работают все современные технологии, связанные с воспроизведением цвета. Термин "перцептивный" происходит от слова *perception* — восприятие. Таким образом, перцептивная модель цвета — это модель, основанная на особенностях восприятия цвета человеком.

По результатам исследований, проведенных над группой наблюдателей, была определена усредненная цветовая реакция на световые потоки с различным спектральным распределением (т. н. *стандартный наблюдатель*). В резуль-

тате были определены спектральные распределения для базовых световых потоков аддитивной схемы синтеза цвета, получившие названия X, Y и Z (рис. 1.3.11).

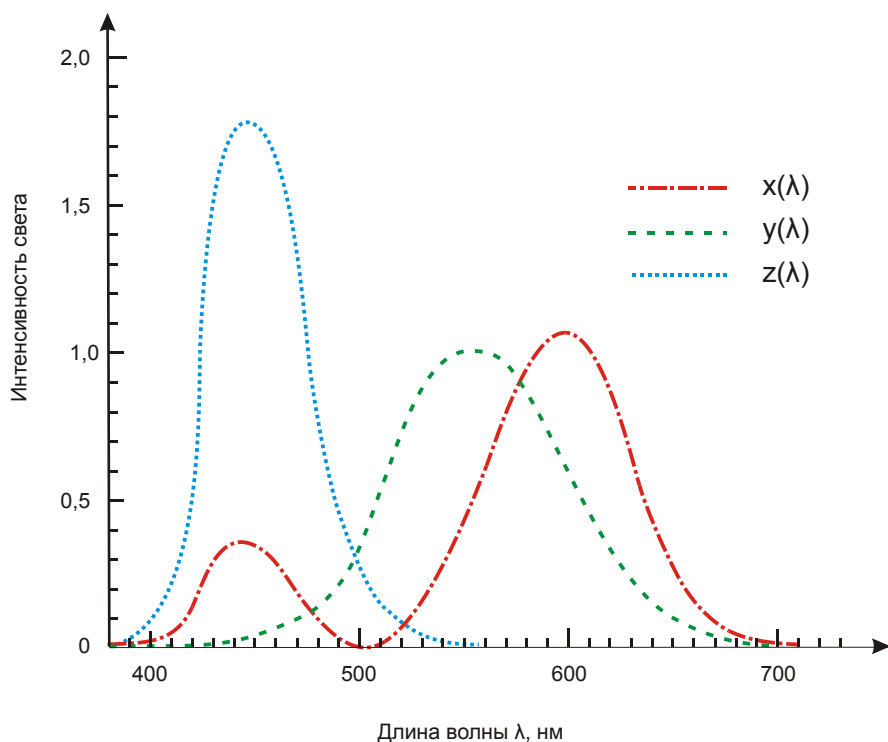


Рис. 1.3.11. Спектральное распределение источников света в цветовой модели XYZ

Смешивая световые потоки от источников с таким спектральным распределением, можно синтезировать любой цвет спектра. Следует отметить, что X, Y и Z нельзя называть базовыми цветами, — таких цветов в природе не существует. Кроме того, и не любое сочетание значений этих цветовых координат соответствует видимому цвету. Поэтому цветовые пространства моделей цвета XYZ (рис. 1.3.12) и RGB существенно различаются.

Цветовое пространство модели цвета XYZ представляет собой криволинейный конус с вершиной в начале цветовых координат. По мере удаления от вершины светлота цветов, соответствующих точкам, лежащим внутри этого конуса, возрастает. Представленная на рис. 1.3.12 видимая часть цветового треугольника в модели цвета XYZ имеет форму сегмента неправильной параболы. На ее криволинейной границе располагаются спектрально чистые

цвета, на прямолинейной хорде — цвета, полученные смешиванием красного и пурпурного. При удалении от границы фигуры насыщенность цвета уменьшается и в центре располагается ахроматическая точка.

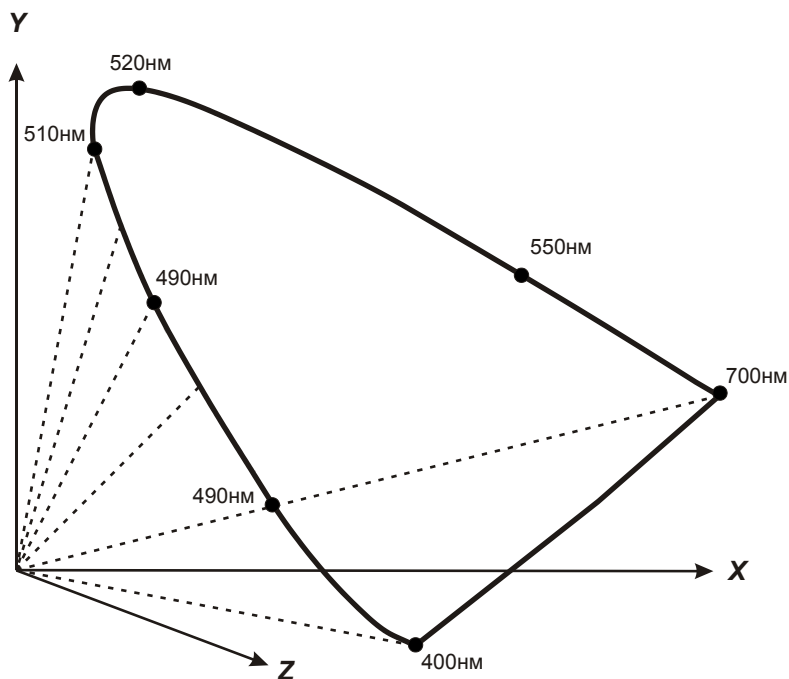


Рис. 1.3.12. Цветовое пространство модели цвета XYZ

Поскольку работать с объемным представлением цветового пространства в виде неправильного конуса не слишком удобно, на практике чаще пользуются нормированным цветовым пространством, получившим название xYz .

ПРИМЕЧАНИЕ

Это название объясняется тем, что в нормированном варианте координаты x и y сохраняются, а координата z исчезает, поскольку этот вариант цветового пространства двухмерный (цветовая диаграмма или локус). Она строится путем проецирования треугольника цветности на плоскость xy . Конечно, на цветовой диаграмме представлены не все цвета пространства XYZ, но для сравнения цветовых охватов и преобразования цветовых пространств, ради которых и создавалась эта цветовая модель, фактор светлоты оттенков можно не рассматривать.

Нормирование выполняется следующим образом: вместо координат XYZ вводятся координаты $x = X/(X + Y + Z)$, $y = Y/(X + Y + Z)$ и $z = Z/(X + Y + Z)$.

Затем из всего множества точек нового цветового пространства выбираются удовлетворяющие условию принадлежности к треугольнику цветности: $x + y + z = 1$. Для треугольника цветности значение третьей координаты не требуется, поскольку оно однозначно определяется значениями первых двух координат: $z = 1 - (x + y)$. Тем не менее третья цветовая координата необходима для полного описания любого цвета. Поэтому в нормированную цветовую модель вводят еще одну координату (Y), описывающую светлоту, не имеющую прямого отношения к цветности, но влияющую на образование оттенков. На рис. 1.3.13 приведено графическое представление нормированной модели цвета xuY — цветовая диаграмма CIE 1931.

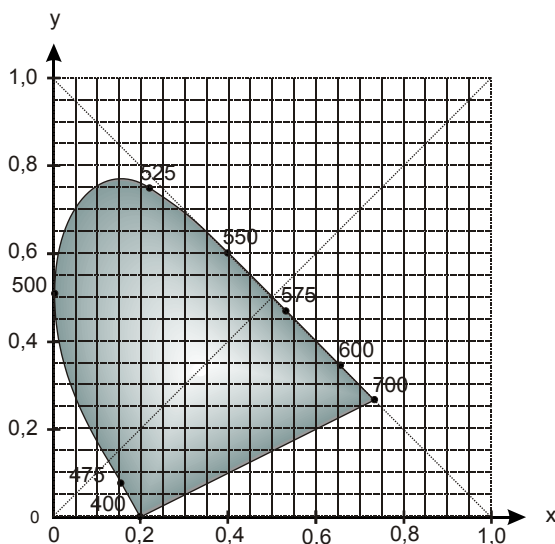


Рис. 1.3.13. Двухмерное нормированное цветовое пространство xuY

Рассмотрим особенности цветовой диаграммы CIE xuY .

1. Так же, как и треугольник цветности модели RGB, она включает в себя по одному оттенку всех цветов, визуально воспринимаемых стандартным наблюдателем. Таким образом, диаграмма представляет собой графическое отображение цветового охвата человеческого глаза — *локус*.
2. Чистые спектральные цвета, соответствующие излучению только одной из частот видимой части спектра, расположены в ней на криволинейной части границы — *линии спектральной цветности*. Цвета, отсутствующие в спектре, но синтезируемые в виде оттенков монохромной шкалы с базовыми красным и фиолетовым цветами, расположены на прямолинейном участке границы — *линии пурпурной цветности*.

3. В середине хроматической области цветовой диаграммы расположена ахроматическая точка, цветность которой не определена. Эта точка называется также точкой *опорного белого цвета*. При смещении из этой точки по прямой линии, соединяющей ее с любой точкой границы цветовой диаграммы, определяется *насыщенность* цвета, т. е. цвет становится ближе к чистому спектральному и менее бледным.

ПРИМЕЧАНИЕ

Более подробно понятие *насыщенности* цвета рассмотрено в разд. 1.3.7.

Цветовая диаграмма не может содержать в себе всех цветов из цветового пространства CIE xuY , поскольку при ее построении использованы только две цветовые координаты. Значения координат x и u определяют цветность и насыщенность цвета, но не его светлоту.

Ахроматическая точка на диаграмме может считаться белой только условно. Ее фактический оттенок и местоположение зависит от источника света, выбранного для синтеза цвета, или от источника освещения. Координаты этой точки однозначно определяются цветовой температурой источника. *Цветовая температура* — это характеристика интенсивности излучения источника света (табл. 1.3.1). Ее значение равняется температуре нагрева абсолютно черного тела, при которой последнее испускает излучение с той же цветностью, что и измеряемый источник.

Таблица 1.3.1. Некоторые источники света и их цветовые температуры

Источник	Цветовая температура, °К	Координата x	Координата u
Пламя свечи	2000	0,472	0,408
Вакуумная лампа накаливания	2360	0,445	0,412
Газонаполненные лампы накаливания с вольфрамовой спиралью	2800	0,448	0,448
Типичные киносъёмочные лампы	3200	0,413	0,394
Дневной, прямой солнечный свет	5500	0,349	0,352
Стандартный источник дневного белого света CIE D65	6500	0,313	0,329

В практических целях цветовая диаграмма xuY применяется для сравнения цветовых охватов устройств ввода и вывода с локусом и между собой. Для этого внутри локуса выбираются точки, соответствующие выбранным для аддитивного синтеза цвета базовым цветам. После соединения их отрезками

прямых получается геометрическая фигура, представляющая цветовой охват устройства. На рис. 1.3.14 изображены цветовые охваты стандартных цветовых пространств RGB и полиграфического процесса цветной офсетной печати.

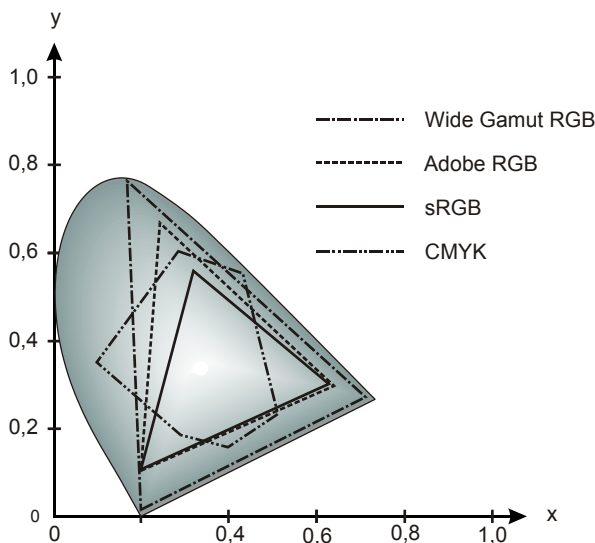


Рис. 1.3.14. Сопоставление цветовых охватов устройств вывода на цветовой диаграмме xY

ПРИМЕЧАНИЕ

Цветовой охват модели CMYK, используемой при цветной офсетной печати, имеет форму шестиугольника, а не треугольника, поскольку приходится учитывать в качестве базовых цветов результаты равномерного попарного смешивания всех трех хроматических базовых цветов этой модели (см. разд. 1.3.6).

Отметим, что для получения адекватных результатов сравнения цветовых охватов различных устройств следует применять стандартные источники освещения (как правило, D50).

Кроме сравнения цветовых охватов, цветовая модель XYZ и производная от нее модель xY применяются для взаимного преобразования цветов из цветового пространства одной модели в цветовое пространство другой.

К недостаткам цветовых моделей XYZ и xY следует отнести сложность учета светлоты цвета и отсутствие равноконтрастности. Последнее проявляется в том, что одинаковые расстояния в цветовом пространстве CIE XYZ и на цветовой диаграмме xY в различных их частях не соответствуют одинако-

вому зрительному различию между выбранными цветами при одинаковой светлоте. Иными словами, системы цветовых координат получаются нелинейными. Цветоразличительные свойства зрения минимальны на границе локуса (в зоне спектральных цветов) и максимальны в области нулевых цветностей (для ахроматической шкалы).

Эти недостатки были успешно преодолены в равноконтрастных цветовых моделях, одна из которых (CIE Lab) рассмотрена в *разд. 1.3.8*.

1.3.6. Субтрактивная модель

Субтрактивными моделями цвета (от англ. *subtract* — вычитать) называются цветовые модели, в которых световой поток со спектральным распределением, визуально воспринимающимся как нужный цвет, создается за счет пропорционального вычитания из исходного белого светового потока его отдельных спектральных диапазонов. Этот механизм был рассмотрен в *разд. 1.3.1*.

Так же, как при построении цветового пространства аддитивной модели цвета, базовые цвета субтрактивной модели можно выбрать множеством способов. Однако на практике пользуются почти исключительно *триадными* цветами: бирюзовым, пурпурным и желтым. В компьютерной графике и полиграфии принято обозначать эти цвета по первым буквам их английских названий: Cyan, Magenta, Yellow.

ПРИМЕЧАНИЕ

Несмотря на то, что в субтрактивной модели базовые цвета можно выбирать произвольно, выбор красного, зеленого и синего (RGB) в данном случае был бы крайне неудачным. Рассчитывать количества таких красок для получения нужного цвета отраженного светового потока очень сложно из-за того, что каждая из них поглощает волны не одного, а сразу двух из основных поддиапазонов видимого спектра. Красная краска поглощает волны синего и зеленого поддиапазонов, зеленая — красного и синего и синяя — желтого и зеленого. Следовательно, при одновременном нанесении любой пары таких красок будет получаться черный цвет.

Выбор именно этих цветов в качестве базовых обусловлен природой образования цвета отраженным светом. При отражении светового потока от окрашенного листа бумаги (см. рис. 1.3.3) бирюзовая краска избирательно поглощает волны, относящиеся к красному цвету, и отражает все остальные. Чем больше этой краски нанесено на лист, тем сильнее поглощается красный спектральный компонент светового потока. Таким образом, с помощью бирюзовой краски можно управлять красным спектральным компонентом отраженного потока света.

Пурпурная краска поглощает зеленый спектральный компонент светового потока, отражая все остальные световые волны. Желтая краска поглощает синий спектральный компонент, отражая все остальное. Отметим, что в цветовом круге (см. рис. 1.3.10) бирюзовый и красный, пурпурный и зеленый, желтый и синий расположены на концах соединяющих их диаметров. В теории цвета такие пары цветов называются *дополнительными* или *комплементарными*. Основное свойство дополнительных цветов равной насыщенности и светлоты — при смешивании в равной пропорции они дают ахроматический цвет.

На любой участок поверхности бумаги можно нанести от 0 до 100% краски, поэтому цветовые координаты субтрактивной модели принято разделять на 100 интервалов. Поэтому формула цвета для такой модели выглядит следующим образом: $Ca\%Mb\%Yc\%$. Например, $C50\%M100\%Y100\%$ — формула, соответствующая 50%-му оттенку красного цвета.

При увеличении количества нанесенной на бумагу краски отраженный световой поток становится все слабее. Поэтому в теории при смешивании максимально допустимых цветовой моделью количеств трех базовых красок должен получаться черный цвет, а при их полном отсутствии — белый. Смешивание базовых красок в равных пропорциях соответствует оттенкам ахроматической шкалы (монохромной шкалы с базовыми черным и белым цветами).

При выборе в качестве цветовых декартовых координат в трехмерном пространстве получается цветовое пространство, очень похожее на пространство модели RGB — изменена только система координат, что приводит лишь к развороту цветового куба.

К сожалению, на практике даже удовлетворительное воспроизведение черного с помощью красок хроматических базовых цветов невозможно. В красках имеются примеси, степень размола пигмента в них может меняться, и в результате при нанесении на бумагу трех базовых красок по 100% получается не сочный черный цвет, а темный оттенок коричневого. Кроме того, оттенки черного, полученные применением равных количеств красок базовых цветов, оказываются засоренными посторонним цветом на всем протяжении ахроматической шкалы.

ПРИМЕЧАНИЕ

Из-за этого дешевые струйные принтеры, работавшие с тремя цветными чернильницами CMY, больше не выпускают.

Для компенсации описанного недостатка субтрактивной цветовой модели в ее состав ввели дополнительный базовый цвет — черный. Черная краска

применяется в цветной офсетной печати для улучшения качества теней, оттенков черного и воспроизведения ахроматических фрагментов изображения. Таким образом, в модифицированной версии субтрактивной цветовой модели (СМΥК) имеется четыре базовых цвета — буквой "К" обозначается черный.

ПРИМЕЧАНИЕ

В отдельных случаях в цветном отпечатке черный цвет синтезируется за счет смешивания черной и хроматических красок. Такой черный цвет с хроматической добавкой называется обогащенным черным. Он воспринимается визуально как черный, но более насыщенный, чем C0%M0%Y0%K100%. Обогащенный черный улучшает внешний вид градиентных заливок (см. разд. 2.4.2).

Каждый из четырех параметров модели СМΥК представляет собой целое число, которое может изменяться в пределах от 0 до 100. Для хранения четырех таких чисел в двоичной форме достаточно $4 \times 7 = 28$ битов, но в большинстве реализаций под каждое число в дескрипторе информационной модели цвета отводят не 7, а 8 битов, поэтому считается, что глубина цвета в модели СМΥК равна 32 битам на элемент изображения.

Недостатки субтрактивной модели такие же, как у модели RGB: аппаратная зависимость, причем в большей степени, чем у аддитивной модели, и ограниченный цветовой охват. Для борьбы с этими недостатками применяют дополнительные базовые цвета (см. разд. 1.3.10), системы управления цветом (см. разд. 1.3.11) и печать плашечными цветами.

1.3.7. Модели HSB и HSL

В предшествующих разделах уже упоминались такие характеристики цвета, как цветность, насыщенность и яркость. Уточним их определения.

Цветность (цветовой тон) или хроматика — числовая характеристика, имеющая одинаковое значение для всех оттенков одного цвета и различные значения для любой пары оттенков разных цветов. Определяет расположение цвета в спектре. В компьютерной графике цветность обозначают первой буквой слова *hue* (оттенок) — H. Цвета с различной цветностью описывают названиями на естественном языке (например, голубой, оранжевый) или указывают их местоположение на цветовом круге в градусах (см. рис. 1.3.10). Например, зеленому цвету соответствует значение H120°, а синему — H240°.

Насыщенность — числовая характеристика цвета, задающая соотношение между количеством энергии, переносимой световыми волнами, лежащими в диапазоне, соответствующем цветности, и всеми остальными волнами светового потока. Она эквивалентна величине, на которую хроматический цвет отличается от равного ему по яркости ахроматического. Цветам с различной

насыщенностью ставят в соответствие выраженную в процентах относительную величину, определяющую местоположение заданного цвета на монохроматической шкале, в которой цветом переднего плана является чистый спектральный цвет, а фоновым — белый. Насыщенность 50 означает, что мы имеем дело с 50%-ным оттенком спектрального цвета. В компьютерной графике насыщенность обозначают первой буквой слова *saturation* (насыщенность) — S. На цветовом круге (см. рис. 1.3.10, а) цвета равной насыщенности располагаются вдоль концентрических окружностей, а все степени насыщенности одного цвета можно проследить вдоль радиуса, соединяющего белую точку в центре и точку спектрального цвета на окружности.

Яркость — это энергетическая характеристика света, пропорциональная энергии, переносимой световым потоком. Визуально она воспринимается как величина, на которую цвет отличается от черного. В пределах курса компьютерной графики яркость рассматривается в связи с ее визуальным восприятием как величина, дополнительная к количеству черного, добавленного в какой-либо другой цвет. В компьютерной графике яркость обозначают первой буквой слова *brightness* (яркость) — B. Яркость измеряется в процентах, причем B0% соответствует черному цвету, B100% — отсутствию добавленного черного. На цветовом круге (см. рис. 1.3.10, б) цвета равной яркости располагаются вдоль концентрических окружностей, а все степени яркости одного цвета можно проследить вдоль радиуса, соединяющего черную точку в центре и точку спектрального цвета на окружности.

На основе цветности, насыщенности и яркости построена цветовая модель HSB. Важную роль в ней играет цветовой круг. Цветовое пространство этой модели можно рассматривать как "стопку" лежащих друг на друге модификаций цветового круга. Нижнее основание стопки — цветовой круг с яркостью цветов B0%. Визуально он воспринимается как черный. Верхнее основание — цветовой круг, в котором все цвета располагают максимальной яркостью B100% (рис. ЦВ-1.3.15, а).

ПРИМЕЧАНИЕ

Ось S цветовых координат модели HSB не имеет фиксированного направления, значения этой координаты — это расстояние от центра цветового круга до точки, соответствующей заданному цвету.

Модель HSB относительно проста и хороша для восприятия, а также удобна в работе, но перед выводом на экран представленные в соответствии с ней цвета приходится преобразовывать в цветовое пространство RGB, а перед выводом на печать — в цветовое пространство CMYK. Вторым существенным недостатком этой модели состоит в нелинейности визуального восприятия яркости. В силу физиологических особенностей зрения, хроматические цвета

с одинаковым значением яркости (например, желтый и фиолетовый) не выглядят одинаково светлыми. Для устранения этого недостатка была введена искусственная характеристика цвета — светлота (lightness). *Светлотой* называется характеристика визуального восприятия яркости цвета. Цвета с равными значениями светлоты выглядят одинаково яркими.

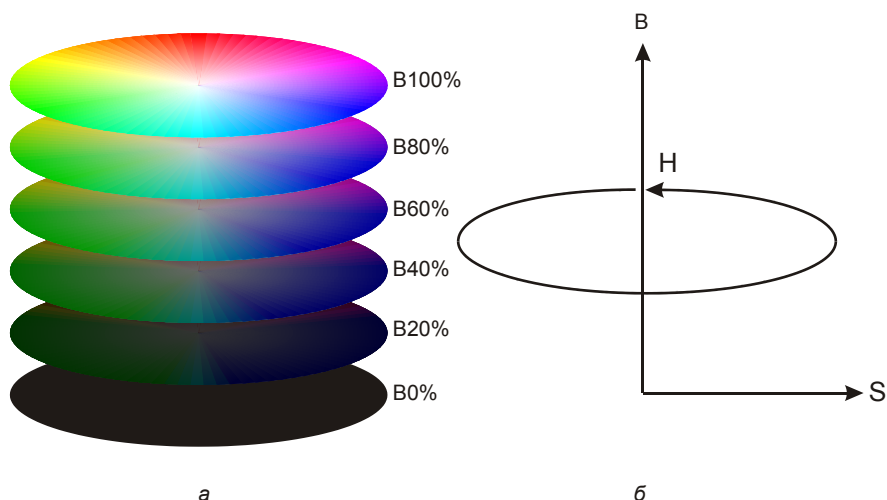


Рис. ЦВ-1.3.15. Цветовое пространство цветовой модели HSB:

a — сечения цветового пространства, соответствующие фиксированным значениям яркости;
б — устройство системы цветовых координат

Модификация цветовой модели HSB с заменой яркости на светлоту называется HSL.

ПРИМЕЧАНИЕ

Во многих программах компьютерной графики и в литературе встречается упоминание цветовой модели HSV. В разных случаях эта аббревиатура соответствует либо модели HSB, либо модели HSL, либо представляет собой их собирательное наименование.

1.3.8. Модель Lab

В основе концепции цветового круга и построенных на его основе моделей цвета HSB и HSL лежит применение монохромных шкал, в которых в качестве одного из базовых цветов используется ахроматический цвет (черный или белый). Именно этот выбор является причиной неравноконтрастности — явления, из-за которого расстояние между точками цветового пространства

не пропорционально визуальной степени различия соответствующих им цветов. Для измерения цвета (колориметрии) это очень существенный недостаток, а без колориметрии невозможно точное воспроизведение цвета в полиграфии. Поэтому в 1976 году CIE предложила цветовую модель, специально разработанную для достижения равноконтрастности — Lab.

ПРИМЕЧАНИЕ

К сожалению, добиться этой цели в полной мере не удалось, но в модели Lab различия в цветовой контрастности на единицу длины уменьшены до величины 6:1. Для сравнения — в цветовой модели хуY они составляют до 80:1.

В этой цветовой модели цветность не только количественно, но и качественно отделена от светлоты, поэтому при работе с ней можно изменять светлоту изображения, не оказывая нежелательного побочного воздействия на его цвета.

Для описания яркости цвета в цветовой модели CIE Lab служит уже знакомая нам характеристика — светлота, меняющаяся в пределах от 0 до 100. Но техника синтеза цвета в этой модели уникальна. В ней выбраны не три, а четыре базовых цвета, сгруппированные в две монохромные шкалы. Первая монохромная шкала называется *a*. Базовые цвета в ней желто-зеленый и пурпурно-красный. Вторая монохромная шкала называется *b*. Базовые цвета в ней красновато-желтый и бирюзово-синий. Для выбора одного оттенка в каждой из этих шкал достаточно одного числа. В компьютерной графике принято разбивать шкалы на 256 промежутков, обозначая их целыми числами в интервале от -128 до 127. Таким образом, формула цвета в цветовой модели Lab выглядит следующим образом: L54a81b70 (спектральный красный цвет), L30a68b-112 (спектральный зеленый цвет), L91a-51b-15 (спектральный синий цвет).

Для пересчета цветовых формул между моделями Lab и XYZ существуют эмпирические, а для пары моделей Lab и HSB — строго выведенные формулы:

$$H = \arctan(b/a); S = (a^2 + b^2)^{0.5}.$$

Достоинства цветовой модели Lab:

- ❑ наибольшее приближение к равноконтрастности среди всех существующих цветовых моделей;
- ❑ широкий цветовой охват, целиком включающий в себя цветовые пространства моделей RGB и CMYK;
- ❑ широкое распространение в программах компьютерной графики.

Ее недостатки:

- ❑ характерная для всех производных от модели XYZ зависимость от определения источника освещения (белая точка);

- неравномерность восприятия цветового контраста при переходе от ахроматических цветов к хроматическим достигает 6 крат, т. е. в насыщенных цветах изменение цветности на 5 единиц будет практически незаметным, а в цветах, близких к ахроматическим, изменение на одну единицу будет бросаться в глаза.

1.3.9. Системы цветосовмещения

В практике графических проектов, особенно с выходом на полиграфический процесс, встречаются ситуации, когда погрешности в воспроизведении цвета крайне нежелательны (а иногда просто недопустимы, например, при воспроизведении запоминающихся цветов логотипа фирмы или образцов цвета изделий в каталоге товаров). Если цветов, которые необходимо воспроизвести с высокой точностью, единицы, то можно воспользоваться технологией плашечной печати совместно с одной из систем цветосовмещения.

Плашечная печать — полиграфическая технология воспроизведения изображения с помощью заранее подготовленных красок требуемого цвета. Для плашечной печати применяются краски, входящие в готовые к употреблению комплекты, либо смешивающиеся в типографии по стандартным рецептурам из базовых красок. Поскольку цветность в таком полиграфическом процессе обеспечивается не механизмом субтрактивной цветовой модели, а предварительной подготовкой непрозрачной краски, технология плашечной печати может обеспечить сравнительно высокую точность воспроизведения цвета.

Комплекты красок для плашечной печати и рецептуры их смешивания регламентируются стандартами. Наиболее известные стандарты готовых и смешовых красок для плашечной печати называются *системами цветосовмещения*. Обычно в систему цветосовмещения включают:

- комплект стандартных красок всех цветов, входящих в систему, или набор базовых красок и рецептурный справочник по пропорциям их смешивания для получения стандартных цветов;
- модель цвета с дискретным цветовым пространством для встраивания в программы компьютерной графики;
- справочник-каталог образцов красок, включенных в систему, напечатанных на различных сортах бумаги с указанием стандартного названия каждого цвета.

Наибольшее распространение в практической полиграфии получила система цветосовмещения Pantone Matching System (PMS), а точнее целая группа таких систем, каждая из которых включает сотни плашечных цветов и спра-

вочники образцов (веера) для различных сортов бумаги. Системы PMS различаются цветовыми наборами (непрозрачные пласечные краски, металлизированные краски, флюоресцирующие краски, пастельные цвета, краски, специально приспособленные для конкретных сортов бумаги).

В дополнение к основным пласечным цветам некоторые системы цветосовмещения позволяют получать их оттенки за счет растривания (см. разд. 3.11.1). Предельное число пласечных цветов, которыми можно воспользоваться в одном графическом проекте, зависит от используемых полиграфических машин, и на практике не превышает шести.

В современных программах компьютерной графики возможность применения пласечных цветов предоставляется за счет включения в них палитр, соответствующих системам цветосовмещения, и специальными многоканальными моделями цвета. В таких моделях каждой точке цветового пространства модели цвета системы цветосовмещения соответствует уникальное имя краски, составленное по специальному стандарту именования. Дескрипторы цвета содержат в себе обозначение системы цветосовмещения и название цвета. Глубина цвета для таких цветовых моделей не определяется.

1.3.10. Цветовые модели повышенной точности

Современное полиграфическое оборудование с достаточной очевидностью выявляет недостатки субтрактивной модели цвета, в особенности — ее малый цветовой охват. С этим недостатком борются с помощью введения в полиграфический процесс дополнительных цветов, за счет которых увеличивается глубина цвета модели.

Большинство современных цветовых моделей повышенной точности не автономны, а являются составными частями систем цвета. *Системой цвета* называется совокупность специализированной модели цвета, программного обеспечения для включения этой модели в программы компьютерной графики, аппаратного и программного обеспечения, обеспечивающего реализацию модели в полиграфическом процессе. Наиболее распространены системы цвета Pantone Hexachrome и CMYK+Special.

Hexachrome — это шестицветный процесс высокоточной печати, разработанный фирмой Pantone Inc., значительно увеличивающий цветовой охват по сравнению с традиционной четырехцветной печатью. Расширенный набор красок в этом процессе включает PANTONE Hexachrome CMYK, PANTONE Hexachrome Orange (оранжевый цвет) и PANTONE Hexachrome Green (зеленый цвет). Система Hexachrome обеспечивает более яркую и реалистичную

печать, бóльший выбор цветов, возможность воспроизводить более 97% цветов PANTONE, в то время как традиционная CMYK печать воспроизводит только 40–50%. Цветовой охват системы Hexachrome гораздо шире, чем у CMYK, и почти не уступает RGB. При печати в системе Hexachrome воспроизводятся все те же цвета, что и на высококачественном компьютерном мониторе.

Конечно, соответствующие дополнительным базовым цветам цветовые координаты приходится включать в состав дескрипторов модели цвета. Из-за этого глубина цвета в системе Hexachrome составляет не 32, а 48 битов на элемент изображения.

Еще одна цветовая модель повышенной точности — CMYK+Special — кроме стандартных цветов триадной печати включает в себя четыре дополнительных плашечных цвета. Это обеспечивает еще более широкий цветовой охват модели за счет увеличения глубины цвета и значительного усложнения процедур цветоделения.

Печать с применением цветовых моделей повышенной точности реализуется только самыми современными и дорогими полиграфическими машинами, поэтому каждый графический проект с выходом на такие полиграфические процессы требует тщательного экономического обоснования, интенсивных консультаций с технологами полиграфического предприятия и дополнительных затрат времени.

1.3.11. Системы управления цветом

Из схемы работы над графическим проектом (см. рис. 1.2.2) очевидно, что в большинстве случаев не избежать совместного использования различных графических устройств и преобразования цветовых пространств.

Причины, вызывающие необходимость управления цветом

Следует помнить, что на воспроизведение цвета влияет не только устройство графического вывода, но и целый комплекс дополнительных факторов. Для монитора (помимо яркости, контраста и цветности люминофоров) — это цветовая температура белой точки, другие параметры настройки управляющей электроники, видеокарта и ее программное обеспечение. Для принтера — это свойства запечатываемого материала и красок, система программного управления (драйвер принтера или самостоятельный растровый процессор). Для офсетного печатного станка — это устройства и программное обеспечение

для получения печатных форм. К искажениям при преобразовании цветовых пространств приводят не только несовпадения цветовых охватов, но и неодинаковое распределение цветов внутри этих цветовых пространств.

В результате, чтобы в процессе работы на различных устройствах вывода цвет одного и того же графического объекта воспринимался одинаково, на них необходимо подавать существенно отличающиеся друг от друга формулы цвета. В табл. 1.3.2 приведен пример цветовых формул, выраженных в терминах аппаратно-зависимых цветовых моделей, присущих каждому устройству вывода, которые обеспечивают воспроизведение цвета хаки, одинаково воспринимаемого наблюдателем.

Таблица 1.3.2. Условия отображения цвета на различных устройствах графического вывода

№ п/п	Устройство и условия вывода	Входная аппаратно-зависимая цветовая формула	Формула визуально воспринимаемого цвета
1	Epson 1290, стандартный картридж, бумага Premium Semigloss Photo paper, Rip-процессор Harlequin	C71M46Y95K34	L47a–18b35
2	Epson 1290, стандартный картридж, бумага Premium Semigloss Photo paper, стандартный драйвер RGB	R91G150B23	
3	Офсетный печатный станок RYOBI 522-HX, мелованная бумага, стандартные краски	C69M39Y62K9	
4	Флексографическая печатная машина ARSOMA EM-280, полуглянцевая бумага Fasson, краски AkzoNobel	C53M22Y73K2	
5	Монитор Mitsubishi Diamontron 2020U с цветовой температурой белой точки 5500 °K	R104G146B70	
6	Монитор LG Flatron 795FT с цветовой температурой белой точки 5500 °K	R102G131B48	

Чтобы свести к минимуму искажения и повысить точность воспроизведения цвета, в современных системах компьютерной графики предусмотрены системы управления цветом. *Системой управления цветом* (Color Management

System, CMS) называется программный комплекс, предназначенный для преобразования цветовых пространств используемых в графическом проекте устройств для получения визуально идентичного воспроизведения цвета на всех этапах работы над этим проектом.

Состав и функции систем управления цветом

Основные функции систем управления цветом:

- ❑ координация преобразований всех задействованных в графическом проекте устройств, обеспечивающая идентичное визуальное восприятие цветного изображения на каждом из них;
- ❑ имитация вывода на произвольное устройство путем вывода на некоторое конкретное устройство.

Чтобы выполнить эти функции, системы управления цветом должны давать пользователю две возможности:

- ❑ задавать, как при визуальном восприятии должны выглядеть после вывода на каждое из устройств цвета, определенные с помощью формул цветовых моделей RGB и CMYK. Для этого нужно установить однозначное соответствие между аппаратно интерпретируемыми формулами RGB и CMYK и формулами перцептивной модели, соответствующими визуальному восприятию результата такой интерпретации;
- ❑ с учетом накладываемых каждым устройством вывода аппаратных ограничений обеспечить однозначное визуальное восприятие одинаковых цветов при различных устройствах вывода.

В состав системы управления цветом стандартной архитектуры, предложенной международным консорциумом по цвету (International Color Consortium, ICC), входят нижеприведенные компоненты.

- ❑ *Аппаратно-независимая цветовая модель*, задающая эталонное цветовое пространство. В большинстве систем управления цветом в качестве него используются стандартизованные цветовые пространства CIE — XYZ или Lab. Пользователю нет необходимости напрямую работать с цветовым пространством, поскольку это в автоматическом режиме реализуют программы компьютерной графики.
- ❑ *Модуль управления цветом*, программно работающий с профилями устройств и эталонным цветовым пространством. В его функции входит преобразование цветовых пространств, соответствующих устройствам ввода и вывода.
- ❑ *Цветовые профили* (профайлы), определяющие особенности воспроизведения или восприятия цвета каждым из графических устройств ввода

и вывода, входящих в систему. Именно из цветовых профилей модуль управления цветом извлекает информацию о том, как именно устройство воспринимает, отображает или печатает каждый из цветов своего цветового пространства. По профилю можно, например, определить, насколько красным будет самый красный из всех цветов, которые оно может воспроизвести.

Процесс сохранения семантики цвета

Если у системы управления цветом есть достаточно информации, например, о сканере, она может откорректировать построенную им информационную модель изображения, записав в ее дескрипторы цвета не то, что "увидел" сканер, а то, что на самом деле присутствовало в оригинале отсканированного изображения. Если у системы управления цветом есть доступ к цветовому профилю, например, монитора, то она сможет компенсировать неизбежное искажение цветов этим монитором при выводе, снова откорректировав соответствующим образом дескрипторы цвета так, чтобы на экране графическое изображение выглядело так же, как оригинал, подвергавшийся сканированию. Наконец, если у системы управления цветом есть доступ к цветовому профилю принтера, то перед выводом дескрипторы цвета корректируются так, чтобы компенсировать искажение цветов при печати.

Для работы системы управления цветом необходимы информационные модели изображения и цветовые профили устройств. Информационные модели представляются в виде графических файлов, в состав которых могут встраиваться и цветовые профили. В случае *встраивания цветового профиля* информационная модель изображения содержит в себе достаточно информации для построения цветового пространства и его однозначной интерпретации. Несколько упрощая можно сказать, что при наличии в составе графического файла цветового профиля система управления цветом точно "знает", каким цветам соответствуют цветовые формулы, содержащиеся в дескрипторах цвета этого графического файла.

На рис. 1.3.16 схематически представлено преобразование цветовых пространств, выполняющееся модулем управления цветом.

Смысл этого процесса состоит в том, чтобы обеспечить соответствие цвета на выходе графического проекта цвету на его входе. Для этого модулю управления цветом нужно знать, откуда появляется информационная модель изображения и куда ее следует отправить. Эти сведения пользователь предоставляет системе, задавая цветовые профили устройств ввода и вывода.

Назначение цветового профиля устройства ввода (иногда встроенного в графический файл) позволяет передать системе управления цветом: "в этой информационной модели цвета представлены аппаратно интерпретируемыми

формулами RGB и получены с такого-то сканера, имеющего такие-то особенности восприятия цвета". Получив такие сведения, система управления цветом может однозначно преобразовать дескрипторы цвета информационной модели в эталонное цветовое пространство.

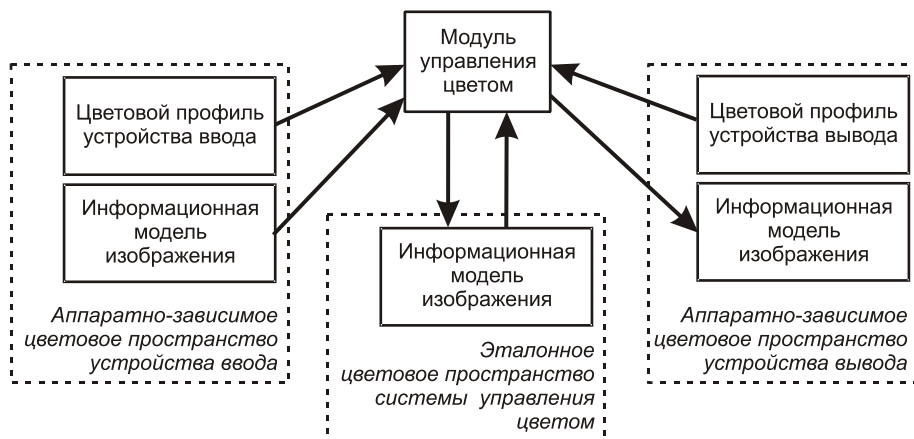


Рис. 1.3.16. Схема работы системы управления цветом

Назначение цветового профиля устройства вывода передает системе управления цветом: "требуется, чтобы в выходном варианте этой информационной модели цвета были представлены аппаратно интерпретируемыми формулами CMYK и соответствовали такому-то принтеру, имеющему такие-то особенности восприятия цвета". Получив такие сведения, система управления цветом может однозначно преобразовать дескрипторы цвета информационной модели из эталонного цветового пространства в цветовое пространство устройства графического вывода.

Модули управления цветом могут встраиваться в графические программы (например, встроенный модуль управления цветом фирмы Adobe), представлять собой автономные программные продукты (например, KDSCMS фирмы Kodak) или являться частью операционной системы (Microsoft ICM в ОС линейки Windows или ColorSync фирмы Apple в ОС линейки Mac OS).

1.3.12. Методы преобразования цветовых пространств

Упомянутая в предыдущем разделе процедура преобразования дескрипторов цвета информационной модели изображения из аппаратно-зависимого цветового пространства устройства ввода (исходного цветового пространства)

в эталонное цветовое пространство системы управления цветом стандартна — значения для новых формул цвета вычисляются по сложным, но хорошо известным алгоритмам. Преобразование цветовых пространств получается однозначным, поскольку цветовой охват перцептивной модели, использующейся для построения эталонного цветового пространства, шире цветового охвата любой аппаратно-зависимой модели (см. разд. 1.3.5). Но при преобразовании дескрипторов цвета информационной модели в аппаратно-зависимое цветовое пространство устройства вывода (целевое цветовое пространство) возникает сложность — многие цвета перцептивной модели невозможно воспроизвести при печати, поскольку они лежат за границей цветового охвата устройства. Если некоторый цвет нельзя напечатать, то его приходится заменять каким-либо другим. Данная процедура называется *преобразованием цветовых пространств*.

Для преобразования цветовых пространств стандарт ICC предусматривает возможность выбора одного из четырех методов:

- ☐ перцептивного;
- ☐ с сохранением цветовой насыщенности;
- ☐ абсолютного колориметрического;
- ☐ относительного колориметрического.

Перцептивный метод преобразования цветовых пространств

Преобразование по этому методу "втискивает" исходное цветовое пространство в целевое, масштабируя его с уменьшением цветовых расстояний. При этом сохраняется соотношение цветов, и общий вид изображения при визуальном восприятии меняется мало. Но это приводит к тому, что в общем случае меняются цвета и насыщенности всех графических объектов изображения, даже те, которые могли быть с достаточной точностью представлены в целевом цветовом пространстве.

Применение перцептивного метода рекомендуется для изображений, в составе которых имеется много цветов, отсутствующих в целевом цветовом пространстве.

Преобразование цветовых пространств с сохранением насыщенности цвета

При преобразовании по этому методу выходящие за пределы целевого цветового пространства цвета заменяются на цвета такой же насыщенности,

но другой цветности и светлоты. Сохраняется только цветовой контраст, но не более. Применение метода с сохранением насыщенности цвета рекомендуется для схем, диаграмм и других объектов деловой графики.

Относительный колориметрический метод преобразования цветовых пространств

При использовании этого метода исходное и целевое цветовые пространства сначала совмещаются по белой точке. Затем все цвета исходного цветового пространства, лежащие в пределах целевого пространства, воспроизводятся точно, а выходящие за него заменяются на ближайший по цветовому расстоянию цвет с той же цветностью. Достоинство этого метода состоит в максимально возможном сохранении исходных цветов, что дает хорошие результаты при небольшом числе цветов, выходящих за пределы целевого пространства.

Однако при этом белый цвет изображения будет уже не белым цветом исходного цветового пространства, а, например, цветом бумаги, заправленной в печатающее устройство, что далеко не всегда одно и то же.

Абсолютный колориметрический метод преобразования цветовых пространств

Этот метод совпадает с предыдущим во всем, за исключением совмещения белых точек. Если в исходном цветовом пространстве белому соответствовал слегка голубоватый оттенок, а печать будет выполняться на слегка желтоватой бумаге, при абсолютном колориметрическом методе преобразования цветовых пространств в местах, белых на исходном изображении, принтер нанесет некоторое количество бирюзовой краски, имитируя таким образом на цвет оригинала.

Как правило, абсолютный колориметрический метод преобразования цветовых пространств применяют только для выполнения цветовых проб — контрольных отпечатков, полученных не на том устройстве, на котором будут печатать тираж.

Преобразование цветовых пространств и потеря визуальной информации

Не следует упускать из виду, что даже самые совершенные системы управления цветом при преобразовании исходного цветового пространства в целевое неизбежно утрачивают некоторую часть визуальной информации. Причина — погрешности округления и квантования, без которых в вычислительной

математике не обойтись. Из-за этих погрешностей следует стремиться к минимизации числа преобразований цветовых пространств в работе над графическим проектом.

В этом аспекте конкурентоспособной альтернативой системе управления цветом оказывается применение стандартного цветового пространства RGB, в частности, Wide Gamut RGB.

1.3.13. Профили ICC и калибрование устройств графического ввода и вывода

Большинство современных программных средств компьютерной графики ориентировано на работу с цветовыми профилями, построенными в соответствии со спецификациями, разработанными международным консорциумом по цвету ICC — профилями ICC. На момент написания учебника действует международный стандарт ISO 15076, в котором регламентируется четвертая версия спецификаций цветового профиля (он опубликован на сайте ICC по адресу www.color.org).

Цветовым профилем графического устройства называется представленный в стандартном формате массив данных, необходимых системе управления цветом для преобразования цвета между аппаратно-зависимым цветовым пространством графического устройства и аппаратно-независимым эталонным цветовым пространством. Спецификации ICC условно разделяют цветные устройства на устройства ввода, мониторы и устройства вывода. В них описаны алгоритмические модели, согласно которым выполняется преобразование цветовых пространств для каждой группы устройств.

Цветовой профиль состоит из нескольких разделов. Он может существовать в виде автономного файла или встраиваться в графические файлы различных форматов. В первом разделе — заголовке — указывается категория графического устройства (ввода, вывода на экран, вывода на печать), модули управления цветом, которые могут работать с данным цветовым профилем, исходное и целевое цветовые пространства, источник освещения, служебная информация о профиле.

Последующие разделы профиля представляют собой таблицы, в которых содержатся данные, необходимые для настройки системы управления цветом и выполнения преобразования цветовых пространств. Номенклатура таких таблиц для разных устройств различна. В варианте цветового RGB-профиля для сканера приводятся цветовые координаты базовых цветов аппаратно-зависимой модели RGB в цветовом пространстве XYZ или Lab, цветовая

температура или цветовые координаты белой точки, градационные таблицы для базовых цветов, связывающие их цветность с яркостью свечения люминофоров.

Цветовые профили устройств печати содержат больше данных. Это обусловлено необходимостью учета взаимного влияния базовых красок. Краска при печати наносится как на чистый носитель, так и поверх ранее нанесенных красок. Из-за этого в роли хроматических базовых цветов выступают не только бирюзовый, пурпурный и желтый, но и их попарные комбинации. Это, в свою очередь, усложняет процедуру преобразования цветовых пространств, и описывающие ее прямая и обратная матрицы преобразований становятся более громоздкими.

ПРИМЕЧАНИЕ

Взаимное влияние базовых красок приводит к тому, что добавление малого количества базовой краски в область насыщенного оттенка цвета визуально гораздо менее заметно, чем добавление того же количества той же краски в область слабо насыщенного цвета. Это явление делает операцию преобразования цветовых пространств нелинейной.

Отметим, что одному устройству печати могут соответствовать много цветовых профилей для различных сочетаний бумаги, красок и используемого программного обеспечения.

Согласно стандарту ISO 15076 цветовые профили не связаны ни с какими-либо программными средствами, ни с аппаратными платформами. Как правило, разработчики графических устройств включают цветовые профили в комплект поставки, но они не всегда точно соответствуют фактическим особенностям каждого экземпляра. Рассогласование вызывается погрешностями изготовления, старением устройства, изменением условий эксплуатации и еще многими причинами. Поэтому при работе с системой управления цветом целесообразно достаточно регулярно проводить *профилирование* — процедуру составления актуального цветового профиля графического устройства.

Профилирование представляет собой важную часть более общей процедуры — *калибрования* — согласования цветовых пространств устройств, используемых в графическом проекте для повышения эффективности работы системы управления цветом.

ПРИМЕЧАНИЕ

К сожалению, в литературе по компьютерной графике имеет место некоторая терминологическая путаница, в силу которой профилирование иногда обозначается терминами "калибровка" или "калибрование".

Профилирование устройств графического ввода

Профилирование сканеров выполняется с помощью программных и аппаратных средств по схеме, представленной на рис. 1.3.17.

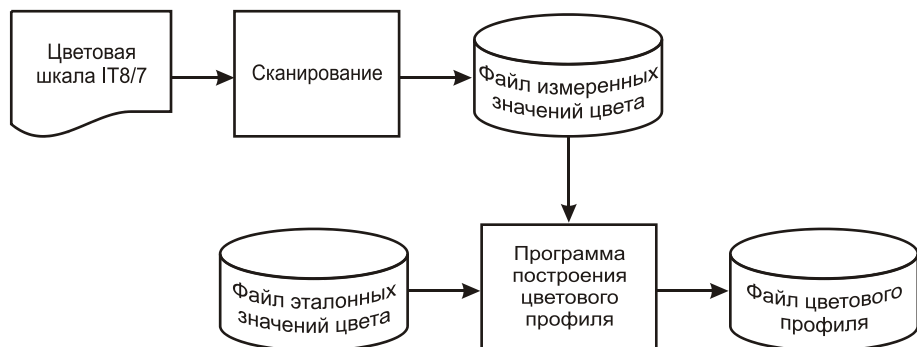


Рис. 1.3.17. Построение цветового профиля сканера

В основе процедуры лежит сканирование эталонного изображения, для которого существует достоверный файл эталонных значений цвета. При этом строится файл измеренных значений цвета — информационная модель изображения, полученного в результате сканирования. Сравнение измеренных цветов с тем, что должно было получиться при их измерении, позволяет программе построения цветового профиля правильно составить все матрицы преобразования цветовых пространств.

Эталонное изображение чаще всего представляет собой специальную карту для калибровки сканера, изготовленную в соответствии со стандартом ANSI: IT8.7/1-1993 (прозрачный оригинал) или IT8.7/2-1993 (непрозрачный оригинал). На этой карте имеются образцы хроматических и шкала ахроматических цветов.

Процедура профилирования позволяет получить актуальный профиль, соответствующий текущим настройкам сканера и условиям сканирования. В процессе эксплуатации адекватность профиля может утрачиваться из-за деградации осветительного устройства сканера, старения светочувствительных элементов и даже изменения питающего напряжения. При профессиональной работе со сканерами (например, в фотолабораториях) профилирование выполняется, как минимум, раз в сутки.

Профилирование мониторов

Данная операция выполняется с помощью программных и аппаратных средств по схеме, представленной на рис. 1.3.18.

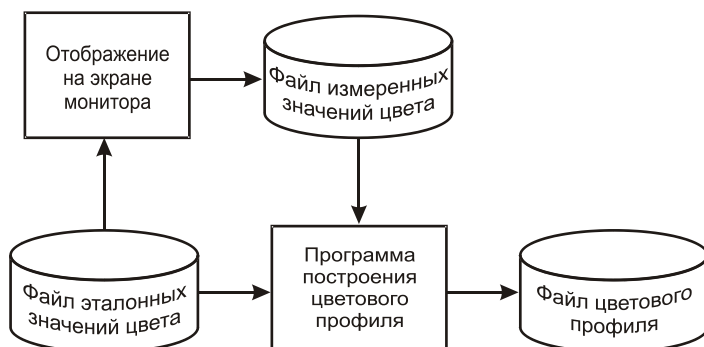


Рис. 1.3.18. Построение цветового профиля монитора

В процедуре профилирования монитора не требуется физического эталона изображения, но необходим прибор, с помощью которого с экрана будут считываться измеряемые образцы цвета — колориметр или спектрофотометр. Как правило, такие приборы поставляются в комплекте с программами построения цветовых профилей мониторов. В процессе работы сенсор прибора устанавливается на экране профилируемого монитора.

Изготовители комплексов для профилирования мониторов рекомендуют выполнять эту процедуру два-три раза в месяц, но следует иметь в виду, что любое изменение условий функционирования или настроек монитора приводит к необходимости повторного профилирования.

Как паллиативный вариант, цветовой профиль можно построить без применения цветоизмерительных приборов, на глаз. Для этого существуют специальные программы (например, Adobe Gamma). К сожалению, точность построенного таким образом цветового профиля недостаточна для профессиональной работы над графическими проектами.

Профилирование устройств графического вывода

Профилирование печатающих устройств выполняется с помощью программных и аппаратных средств по схеме, представленной на рис. 1.3.19.

В основе процедуры профилирования печатного устройства (полиграфического процесса) лежит приборный анализ отпечатка эталонного документа.

Напечатанные образцы цвета измеряются с помощью колориметра или спектрофотометра с последующим сравнением эталонных и измеренных значений цвета.

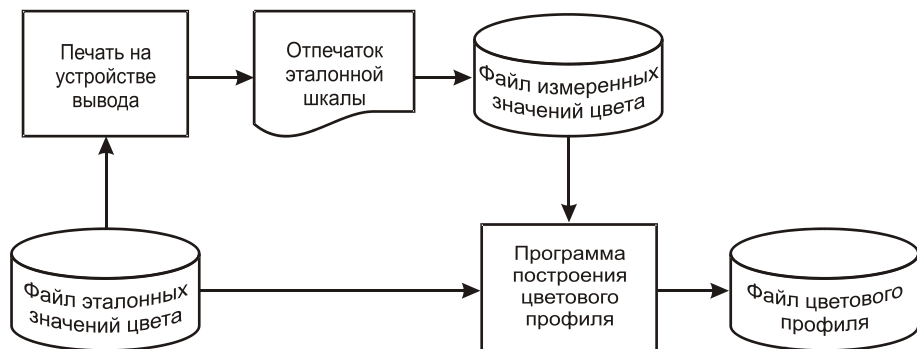


Рис. 1.3.19. Построение цветового профиля печатающего устройства

На адекватность цветового профиля печатающего устройства оказывают влияние тип носителя изображения, используемые красители и настройки устройства. При профессиональной работе с устройствами графического вывода (например, в бюро полиграфического обслуживания) профилирование выполняется, как минимум, несколько раз в сутки и перед выполнением каждого более или менее крупного заказа.

Список новых терминов

- ☐ Аддитивные модели цвета
- ☐ Аппаратно-зависимая модель
- ☐ Ахроматический цвет
- ☐ Встраивание цветового профиля
- ☐ Глубина цвета
- ☐ Дополнительные цвета
- ☐ Имитация цвета
- ☐ Индекс цвета
- ☐ Индексированная модель цвета
- ☐ Калибрование
- ☐ Линия пурпурной цветности

- ☐ Линия спектральной цветности
- ☐ Локус
- ☐ Метамерия
- ☐ Модуль управления цветом
- ☐ Монохромная шкала
- ☐ Монохромное изображение
- ☐ Насыщенность
- ☐ Нейтральный серый
- ☐ Оттенки
- ☐ Палитра
- ☐ Перцептивная модель
- ☐ Плашечная печать
- ☐ Преобразование цветовых пространств
- ☐ Профилирование
- ☐ Свет
- ☐ Светлота
- ☐ Система управления цветом
- ☐ Система цвета
- ☐ Система цветосовмещения
- ☐ Спектральная диаграмма
- ☐ Субтрактивные модели цвета
- ☐ Точка опорного белого цвета
- ☐ Треугольник цветности
- ☐ Формула цвета
- ☐ Хроматика
- ☐ Цвет
- ☐ Цветность
- ☐ Цветовая модель
- ☐ Цветовая разрешающая способность
- ☐ Цветовая температура
- ☐ Цветовое пространство
- ☐ Цветовой круг

- ☐ Цветовой охват
- ☐ Цветовой профиль
- ☐ Цветовые координаты
- ☐ Шкала градаций цвета
- ☐ Штриховое изображение
- ☐ Яркость

Контрольные вопросы

1. Почему в отсутствие наблюдателя понятие цвета является неопределенным?
2. Какие роли играет цвет в изображении?
3. В чем состоит субъективность восприятия цвета?
4. Что выделяет свет из спектра электромагнитных колебаний?
5. Чем обусловлен феномен сумеречного зрения, состоящий в том, что в условиях недостаточной освещенности человек не воспринимает цвета предметов?
6. Почему свет разделяется на спектр, проходя через призму?
7. Какая информация представлена на спектральной диаграмме?
8. В чем состоит явление метамерии?
9. Что может изменить спектральное распределение светового потока?
10. Почему в компьютерной графике приходится отдельно рассматривать излученный и отраженный свет?
11. Какую роль играет явление метамерии в управлении цветом излученного светового потока?
12. Что представляет собой цветовое пространство?
13. Какие технические задачи решаются при реализации аддитивного синтеза цвета?
14. Что происходит с отраженной и преломленной частями светового потока?
15. Чем объективно обусловлено визуальное восприятие цвета в первоначально белом световом потоке после отражения?
16. Какие технические задачи решаются при синтезе цвета с помощью отраженного света?

17. На листе белой бумаги напечатана иллюстрация, изображающая все цвета спектра. Как эта иллюстрация будет выглядеть при освещении синим цветом? А при освещении желтым светом?
18. Почему белый и черный в компьютерной графике считаются оттенками одного и того же цвета?
19. Какое изображение называется штриховым?
20. Может ли штриховое изображение быть хроматическим?
21. Сколько базовых цветов используется в монохромной модели?
22. В чем состоит принципиальное отличие штрихового и монохромного изображений?
23. Почему в полиграфии и компьютерной графике приняты разные системы обозначения оттенков монохромной шкалы?
24. Какова глубина цвета полиграфической монохромной шкалы?
25. Почему термин "черно-белая фотография" не совсем корректен?
26. Чем определяется размер палитры цветов в индексированной модели цвета?
27. В чем состоит особенность прозрачности в индексированной модели цвета?
28. Имеется ли принципиальная разница между индексированной и штриховой моделями цвета? В чем она состоит?
29. В чем состоит прием имитации цвета, отсутствующего в палитре цветов индексированной модели цвета?
30. В чем заключается разница между аппаратно-зависимой и перцептивной моделями цвета?
31. По каким причинам в качестве базовых цветов аддитивной модели выбраны красный, зеленый и синий?
32. Какая информация приводится в формуле цвета аддитивной модели? Как она записывается?
33. Что представляет собой точка единичного цвета?
34. Какой цвет имеет точка, расположенная на пересечении биссектрис треугольника цветности аддитивной модели цвета?
35. В каком соотношении находятся значения цветности оттенков монохромной шкалы с белым и красным базовыми цветами?
36. Почему в треугольнике цветности содержатся все цвета модели цвета?
37. Как устроен цветовой круг?
38. Как связаны цветовой круг и треугольник цветности аддитивной модели цвета?

39. В чем состоят принципиальные недостатки модели цвета RGB?
40. В чем состоит стандартность стандартных цветовых пространств RGB?
41. Для каких целей используются стандартные цветовые пространства?
42. Каким образом выбраны спектральные распределения базовых световых потоков для перцептивной цветовой модели XYZ?
43. Чем отличаются цветовые пространства RGB и XYZ? По каким причинам?
44. С какой целью выполняется нормирование цветового пространства XYZ? Каким образом?
45. Почему цветовая диаграмма CIE, проекция треугольника цветности модели цвета XYZ, выглядит не треугольником, а сегментом параболы?
46. Как и почему называются отдельные части границы цветовой диаграммы CIE?
47. Почему ахроматическая точка цветовой диаграммы CIE называется точкой опорного белого цвета?
48. Как по цветовой диаграмме CIE определить насыщенность и цветность цвета?
49. Как цветовая температура источника освещения связана с точкой опорного белого цвета?
50. Каким практическим целям служит цветовая диаграмма CIE?
51. Почему цветоразличительные свойства зрения минимальны на границе локуса (в зоне спектрально чистых цветов) и максимальны в области нулевых цветностей (на ахроматической шкале)?
52. Почему в субтрактивной модели цвета неудобно применять в качестве базовых те же цвета, что и в аддитивной?
53. Какая информация приводится в формуле цвета субтрактивной модели? Как она записывается?
54. Почему на практике в субтрактивной модели не удастся обойтись тремя базовыми цветами?
55. Что представляет собой обогащенный черный цвет? Для каких целей его применяют?
56. Каковы основные недостатки субтрактивной модели цвета?
57. Как цветность определяется по цветовому кругу?
58. Где в цветовом круге располагаются цвета равной насыщенности?
59. Как устроено цветовое пространство HSB?

60. В чем состоят основные недостатки модели цвета HSB?
61. Чем светлота отличается от яркости?
62. Что является главной причиной неравноконтрастности моделей цвета HSB и HSL?
63. Каким образом в модели цвета CIE Lab качественно разделены светлота и цветность?
64. Каковы достоинства модели цвета CIE Lab?
65. Каковы недостатки модели цвета CIE Lab?
66. За счет чего технология плашечной печати обеспечивает сравнительно точное воспроизведение цвета?
67. Что входит в состав системы цветосовмещения?
68. Почему не определяется глубина цвета для модели цвета системы цветосовмещения?
69. Что входит в состав систем цвета повышенной точности?
70. Каковы основные причины, вызывающие необходимость применения систем управления цветом?
71. Каково назначение системы управления цветом?
72. Каковы основные функции системы управления цветом?
73. Что входит в состав системы управления цветом стандартной архитектуры?
74. Для чего в системе управления цветом служит модуль управления цветом?
75. Какие информационные единицы входят в состав цветового профиля устройства и каково их практическое назначение?
76. Каким целям служит встраивание цветового профиля в графический файл, содержащий информационную модель изображения?
77. Каковы функции эталонного цветового пространства?
78. Что выполняется в ходе процедуры преобразования цветового пространства?
79. Чем различаются между собой методы преобразования цветового пространства?
80. Что представляют собой процедуры калибрования и профилирования?
81. Для чего в профилировании устройств графического ввода применяется эталонное изображение?
82. Какие факторы определяют частоту выполнения процедуры профилирования сканера?

83. Какие приборы необходимы для выполнения профилирования монитора? Для чего?
84. Как выполняется профилирование устройства цветной печати?

Темы для обсуждения

1. Примеры проявления метамерии в повседневной жизни.
2. Выбор базовых цветов и первый закон Грассмана.
3. Соотношение Эвклидова и цветового пространств.
4. Цветовое пространство и цветовые модели повышенной точности.
5. Влияние спектрального распределения светового потока от внешнего источника света на восприятие цвета в отраженном свете.
6. Монохромное изображение как рабочий инструмент в компьютерной графике.
7. Методики построения палитр в индексированной модели цвета.
8. Соотношение цветовых пространств аддитивной и субтрактивной моделей цвета.
9. Прикладные области, требующие повышенной точности воспроизведения цвета.
10. Перцептивные цветовые модели — свойства равной контрастности и равной светлоты, модель цвета Luv.
11. Приборы для измерения цвета.
12. Реализация системы управления цветом в ОС Windows.

ЧАСТЬ II

ВЕКТОРНАЯ ГРАФИКА

2.1. Объектно-ориентированное графическое моделирование

В этой главе рассматриваются наиболее общие аспекты работы с векторной информационной моделью изображения и дается краткая характеристика форматов графических файлов, предназначенных для ее хранения.

2.1.1. Графические объекты и их классы

Большинство программных средств компьютерной графики для работы с векторными изображениями представляют собой интегрированные объектно-ориентированные программные пакеты. *Интегрированность* программного пакета означает, что он включает в себя несколько программных средств с единым интерфейсом пользователя, в совокупности позволяющих решать множество задач, возникающих при работе с векторной графикой. Входящие в пакет средства позволяют легко обмениваться данными и последовательно выполнять различные операции над ними, поскольку используют одну и ту же информационную модель изображения. Таким образом, возможности программных средств интегрируются в целое, представляющее собой нечто большее, чем простая сумма компонентов. Примеры таких интегрированных пакетов для работы с векторной графикой — CorelDRAW X3 и Adobe Illustrator CS2.

Объектная ориентированность программных средств состоит в том, что информационная модель векторного изображения, с которой они работают (см. разд. 1.2.1), разработана на основе последовательного применения приемов объектно-ориентированного анализа предметной области. Эта модель представляет собой сбалансированную иерархическую систему классов графических объектов и совокупность методов, с помощью которых можно создавать, удалять и модифицировать экземпляры этих объектов.

Классом графических объектов называется совокупность объектов, обладающих свойством структурной идентичности, одинаковым списком атрибутов

и набором методов работы с ними, а также ее формальное описание, состоящее из описания всех атрибутов и методов класса. Так, классом объектов будут, например, прямоугольники. Их структурная идентичность очевидна — у каждого прямоугольника имеются по четыре стороны и по четыре угла. Прямоугольники могут быть разной высоты и ширины, но у каждого из них есть высота и ширина — общий для всех объектов класса список атрибутов (см. разд. 2.1.2). Методы работы также будут общими для всех прямоугольников. Прямоугольник можно создать, удалить, развернуть, растянуть, сжать, перекосить, можно закруглить ему углы. Эти операции представляют собой методы класса прямоугольников (см. разд. 2.1.3).

ПРИМЕЧАНИЕ

Иногда термином "класс объектов" обозначают только совокупность объектов, являющихся экземплярами этого класса. В этом случае приходится говорить об отдельном описании класса, которое определяет совокупность его атрибутов и методов этого класса.

На рис. 2.1.1 в качестве примера показаны верхние уровни дерева классов графических объектов CorelDRAW X3.

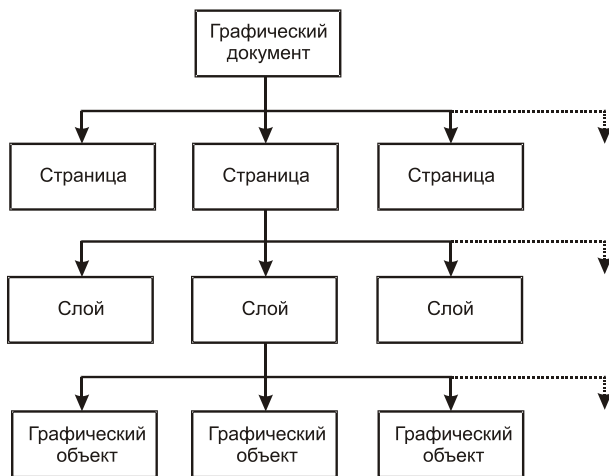


Рис. 2.1.1. Верхние уровни иерархии объектов графического документа

Объектная ориентированность векторной информационной модели позволяет работать с ней достаточно гибко, выбирая для решения поставленной в графическом проекте задачи наиболее оптимальный в смысле трудоемкости и сложности способ. В частности, операция выделения и модификации отдельных объектов изображения на любом этапе графического проекта недос-

тижима при использовании бумаги и традиционных инструментов художника-графика, а также весьма затруднительна при работе с пиксельной информационной моделью.

Кроме интерактивной реализации методов для работы с графическими объектами, современные программные средства векторной графики предоставляют возможность воспользоваться программным интерфейсом. Для этого в их состав вводится объектно-ориентированный язык программирования. Составляя программные модули на этом языке, пользователь может автоматизировать построение сложных графических изображений и выполнение повторяющихся действий. Можно также программно определять новые классы составных графических объектов и описывать методы работы с ними. Имеются также средства для сохранения интерактивных действий пользователя в виде программных модулей, которые затем можно выполнять многократно.

Классы графических объектов, составляющие векторную информационную модель изображения, достаточно автономны. Это позволяет упростить и структурировать процесс изучения приемов работы с векторной графикой, поскольку для начала работы с пакетом векторной графики достаточно ознакомиться с небольшим числом классов, их атрибутами и методами. Последующие главы этой части учебника посвящены как раз описанию важнейших классов векторной модели изображения, их атрибутов и методов, а также типовых задач, которые можно решить с их помощью.

ПРИМЕЧАНИЕ

Рассматриваться будут именно классы графических объектов и их методы. Что касается интерфейса пользователя, обеспечивающего доступ к этим методам, — для его изучения следует обращаться к учебникам по соответствующим программным средствам.

2.1.2. Атрибуты класса графических объектов

Класс объектов включает в себя все объекты, как уже существующие, так и те, которые могут быть созданы в будущем. Главное — чтобы эти объекты удовлетворяли описанию класса. Каждый из объектов, входящих в один класс, называется *экземпляром* класса. У всех экземпляров одного класса по определению список атрибутов и набор методов должны быть одинаковыми. Следовательно, отличаться друг от друга экземпляры одного класса могут только значениями атрибутов.

Атрибутом (свойством) класса графических объектов называется именованное значение, характеризующее какую-либо особенность объекта, один из его аспектов. Существенно, что атрибут класса должен отвечать трем условиям:

- ☐ *вариативности* — хотя бы у одного из объектов класса значение атрибута должно отличаться от значений того же атрибута у остальных объектов класса;
- ☐ *единичности* — атрибут должен представлять собой единственное значение одного из стандартных типов данных;
- ☐ *релевантности* — атрибут должен описывать графический объект в аспекте, существенном для графического моделирования.

К стандартным типам данных относятся:

- ☐ логические значения;
- ☐ целые числа;
- ☐ действительные числа;
- ☐ текстовые значения.

На рис. 2.1.2 представлена панель атрибутов — элемент интерфейса графического редактора, с помощью которого можно узнать текущие значения атрибутов выделенного графического объекта (в данном случае — прямоугольника).

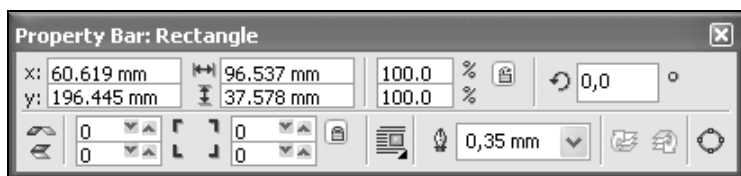


Рис. 2.1.2. Панель атрибутов для класса графических объектов "прямоугольник".

Совокупность текущих значений атрибутов объекта определяет его *состояние*.

Первоначально атрибуты объекта получают свои значения при создании этого объекта. Некоторые из атрибутов вводит пользователь, остальные принимают значение по умолчанию. Например, при создании прямоугольника интерактивным методом пользователь протаскивает указатель мыши по диагонали создаваемого объекта. При этом он задает значения таких атрибутов, как ширина, высота, горизонтальная и вертикальная координаты центра. Такие атрибуты, как угол разворота, тип и ширина контурной линии и пр., получают значение по умолчанию.

ПРИМЕЧАНИЕ

В современных графических редакторах пользователь может заранее задавать значения умалчиваемых параметров. Можно, например, сделать так, что все вновь создаваемые графические объекты будут получать заливку синего цвета и обводку штриховой линией.

При дальнейшем рассмотрении атрибуты класса графических объектов разделяют на общие и специфические. К *общим* относятся атрибуты, имеющиеся у всех или большинства классов графических объектов, например, координаты центра объекта, угол его разворота, характеристики обводки и заливки. Они будут рассматриваться в отдельных разделах, посвященных методам, с помощью которых задаются значения этих атрибутов. К *специфическим* относятся атрибуты, характерные именно для данного класса графических объектов, например, степень закругления углов прямоугольников (см. разд. 2.2.2) или интерлиньяж текстов (см. разд. 2.5.3 и 2.5.6). Такие атрибуты будут рассматриваться в разделах, посвященных классам объектов.

2.1.3. Методы класса графических объектов

Чтобы изменить состояние объекта, необходимо поменять значение хотя бы одного из его атрибутов. Это обеспечивают методы того класса, экземпляром которого является данный объект. Векторные графические редакторы позволяют менять значения атрибутов графических объектов в процессе редактирования изображения. Это можно сделать одним из трех способов:

- ☐ непосредственным изменением значения атрибута, при котором его новое значение вводится пользователем;
- ☐ выполнением интерактивной операции (преобразования) над графическим объектом;
- ☐ программно, когда старое значение атрибута заменяется новым (чаще всего — автоматически вычисленным) в процессе выполнения программного модуля.

Перечисленные способы представляют собой различные реализации методов класса, к которому относится графический объект. В компьютерной графике можно считать *методы класса* операциями, с помощью которых графические объекты этого класса создают, удаляют или изменяют значения их атрибутов. По сути дела, процесс редактирования информационной модели изображения представляет собой последовательность применения методов к объектам различных классов, из которых состоит эта модель.

Некоторые методы преобразуют класс графического объекта. Например, составной объект можно разбить на части, параметрический примитив — пре-

образовать в кривую, на основе нескольких базовых объектов можно создать составной объект.

При дальнейшем рассмотрении методы класса графических объектов (как и атрибуты) разделяются на общие и специфические. К *общим* относятся методы, применимые ко всем или большинству классов графических объектов, например, размещение объекта, его разворот, настройка параметров обводки и заливки. Они будут рассматриваться в отдельных разделах. К *специфическим* относятся методы, характерные именно для данного класса графических объектов, например, закругление углов для прямоугольников (см. разд. 2.2.2) или форматирование абзацев для текстов (см. разд. 2.5.2 и 2.5.5). Они будут рассматриваться в разделах, посвященных классам объектов.

2.1.4. Форматы графических файлов векторных графических документов

Широкое распространение получили несколько вариантов реализации информационной модели векторного изображения. Они разрабатывались различными фирмами и предназначались для разных целей, так что говорить об их совместимости можно только с существенными оговорками. То же самое можно сказать и о форматах графических файлов с векторными изображениями.

Все форматы векторных графических файлов условно можно разделить на две категории: графические документы программ векторной графики и форматы для обмена векторными изображениями. Далее даются краткие характеристики наиболее известных форматов.

Формат графического редактора CorelDRAW (CDR)

Основное назначение интегрированного пакета программ CorelDRAW — работа с векторными графическими документами, хотя в их составе могут присутствовать и пиксельные изображения (в виде импортированных объектов). Изображение строится как совокупность графических примитивов (прямоугольников, кривых, текстов, эллипсов и дуг), а также созданных на их основе составных объектов. Изображение сильно структурировано, графический документ может включать несколько страниц, каждая из которых — произвольное число слоев. Формат файлов с расширением `cdr` достаточно компактен, многие редакционно-издательские программы и графические редакторы позволяют импортировать изображения, представленные в этом формате.

В качестве цветовых моделей приняты RGB, CMYK, Lab, HSB, HLS и системы цветосовмещения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Вариант формата CDR — CMX, также является собственностью фирмы Corel и предназначен для переноса векторных изображений в другие программы этой фирмы (например, в программу для разработки онлайн-презентаций).

Формат графического редактора Adobe Illustrator (AI)

Назначение векторного графического редактора Adobe Illustrator, входящего в состав разработанного фирмой Adobe Systems интегрированного пакета Creative Suite, — работа со сложными векторными изображениями. Формат графического файла AI разрабатывался как основной формат векторных графических документов этого пакета отдельно для платформ Macintosh и Windows. Первоначально предназначенный только для работы с векторной графикой, в современных версиях этот формат допускает хранение пиксельных изображений как импортированных объектов. Может считываться самым известным редактором пиксельной графики Adobe Photoshop и адекватно импортируется в систему трехмерного моделирования 3D Studio Max.

В качестве цветовых моделей приняты RGB, CMYK, Lab, HSB, HLS и системы цветосовмещения.

Форматы системы AutoCAD

Основное назначение системы AutoCAD — автоматизация проектирования и предоставление пользователям и разработчикам инструментальной платформы для построения специализированных систем автоматизации проектирования и технологической подготовки производства. В ее составе имеется мощная подсистема векторного графического моделирования, обеспечивающая подготовку и выпуск конструкторской графической документации. Для этой подсистемы были разработаны форматы графических файлов DWG и DXF. Подсистема графического моделирования, совершенствовавшаяся на протяжении десятилетий, оказалась настолько удобной и мощной, что сегодня часто служит для решения задач компьютерной графики, не связанных с автоматизацией проектирования.

Формат файлов DWG (Drawing Database) предназначен для хранения всей векторной информационной модели изображения. Это один из основных форматов системы AutoCAD. Формат DXF (Drawing Interchange Format) представляет собой средство обмена графическими моделями. Графический файл в этом формате содержит в себе описания всех графических объектов изображения в символьной форме. Этот формат стал де-факто стандартом для обмена чертежами в системах автоматизации проектирования.

Форматы AutoCAD включают в себя сложную иерархию графических объектов, многостраничные документы многослойной структуры. Но, поскольку их основное назначение связано с автоматизацией проектирования, для задания цвета в них используется только индексированная цветовая модель.

Формат PostScript

Язык PostScript был разработан фирмой Aldus для описания расположения графических материалов и текстов на печатных полосах. Впоследствии он развивался и стал основой многих пакетов графического моделирования и редакционно-издательских систем. Довольно много моделей современных печатающих устройств обеспечивают аппаратную интерпретацию графических файлов на языке PostScript (расширение файла ps). Современная спецификация языка PostScript Level 3 соответствует сложной и совершенной модели многостраничного векторного документа с широкой номенклатурой простых и составных графических объектов.

Существует модификация формата PostScript, предназначенная специально для вывода на печать. В графических файлах этого формата (расширение psn) номенклатура графических объектов сужена, но их можно печатать на менее сложных принтерах без помощи специальной графической программы.

Формат Encapsulated PostScript (EPS)

Графические файлы формата EPS также используют язык PostScript, но предназначены специально для вставки векторных изображений в документы различных программных средств в виде встроенных объектов. В отличие от других форматов PostScript, допускающих описание многостраничных документов, файл в формате EPS всегда соответствует одной странице графического документа.

Как правило, в состав графического файла формата EPS включается пиксельное изображение невысокого разрешения, позволяющее визуально судить о содержимом этого файла без помощи интерпретатора языка PostScript.

Формат Computer Graphics Metafile

В отличие от большинства рассмотренных в этом разделе форматов векторной графики, формат CGM (Computer Graphics Metafile) был разработан не отдельной фирмой, а международным комитетом в рамках работы над стандартом компьютерной графики. Он представляет собой формат метафайла с открытым описанием, независимый от платформы. Спецификация этого

формата позволяет представлять в нем как двумерные векторные, так и пиксельные изображения, но, как правило, эти две информационные модели хранятся в различных файлах. Основное назначение формата — представление графических изображений для передачи между различными программными средствами. Ориентирован на цветовую модель RGB. Расширение файла `sgm`.

Интересная особенность этого формата — возможность представить информационную модель изображения в двух вариантах: двоичном, позволяющем получать компактный графический файл, и текстовом, который можно читать.

Формат Scalable Vector Graphics

Формат SVG (Scalable Vector Graphics) был разработан Консорциумом World Wide Web (W3C) для векторных графических изображений на страницах WWW. Это открытый стандартный формат представления векторных графических объектов средствами языка гипертекстовой разметки XML. Расширение файла `svg`.

Графические файлы в формате SVG — это совокупность тегов XML, хранящихся и передающихся по сети в виде текста. Векторные изображения загружаются значительно быстрее пиксельных. Стандарт предусматривает возможность дополнительного сжатия графического файла SVG, такие файлы имеют расширение `svgz`.

Для просмотра изображений в составе страницы Web-обозреватель должен располагать специальным подключаемым модулем (плагином).

Формат Windows Metafile

Этот формат файлов с расширением `wmf` разработан фирмой Microsoft и предназначен для хранения информационных моделей как векторного, так и пиксельного изображений. Первоначально создавался как внутренний формат представления графических изображений в операционной системе Microsoft Windows 3. В этом формате принята цветовая модель RGB с глубиной цвета 24 бита на элемент изображения. Данные, представленные в этом формате, могут обрабатываться большинством программ, работающих на платформе Windows.

Список новых терминов

- ☐ Интегрированность
- ☐ Объектная ориентированность
- ☐ Класс графических объектов

- ☐ Экземпляр класса
- ☐ Атрибут (свойство) класса
- ☐ Вариативность атрибута класса
- ☐ Единичность атрибута класса
- ☐ Релевантность атрибута класса

Контрольные вопросы

1. В чем состоят преимущества интегрированных программных пакетов векторной графики?
2. В чем выражается объектная ориентированность современных программных средств векторной графики?
3. Что объединяет графические объекты в один класс?
4. Что включает в себя описание класса графических объектов?
5. В чем состоят сходство и различие экземпляров графических объектов одного класса?
6. Какие типы данных относятся к стандартным?
7. Каким образом формируются исходные значения атрибутов графического объекта при его создании?
8. Как можно изменить состояние графического объекта?
9. Что представляют собой методы класса графических объектов?
10. Для какой цели в состав пакетов векторной графики вводят объектно-ориентированный алгоритмический язык?

2.2. Параметрические примитивы

К параметрическим примитивам принято относить классы графических объектов, не являющихся составными. Второе свойство примитивов — невозможность разделить их на более мелкие объекты, относящиеся к тому же классу. В этой главе рассматривается суть процедуры параметризации, некоторые из способов ее использования и несколько важных классов параметрических примитивов.

2.2.1. Параметризация графического объекта

Параметризация — операция непосредственного задания значения того или иного атрибута графического объекта без применения к нему операций преобразования (например, вводом числового значения с клавиатуры). При этом у класса графических объектов должны иметься атрибуты, которые можно изменить таким образом. В пакетах векторной графики во всех классах графических объектов к таким атрибутам относятся:

- ☐ координаты точки привязки;
- ☐ угол разворота вокруг точки привязки;
- ☐ коэффициенты масштабного преобразования.

Точкой привязки называется точка начала локальных координат графического объекта. Местоположение этой точки, представленное парой чисел в системе координат страницы графического документа, определяет, где на странице будет располагаться графический объект. На рис. 2.2.1 показано соотношение локальных координат и координат страницы.

ПРИМЕЧАНИЕ

Координаты точки привязки принято считать координатами графического объекта. Они выражаются в системе координат страницы графического документа.

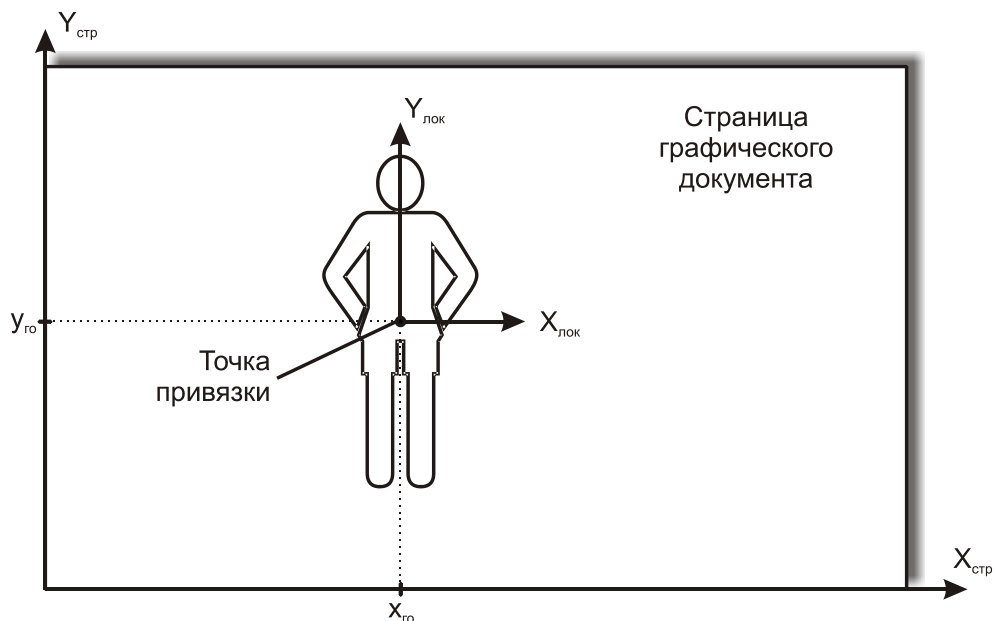


Рис. 2.2.1. Система координат страницы графического документа и локальных координат графического объекта

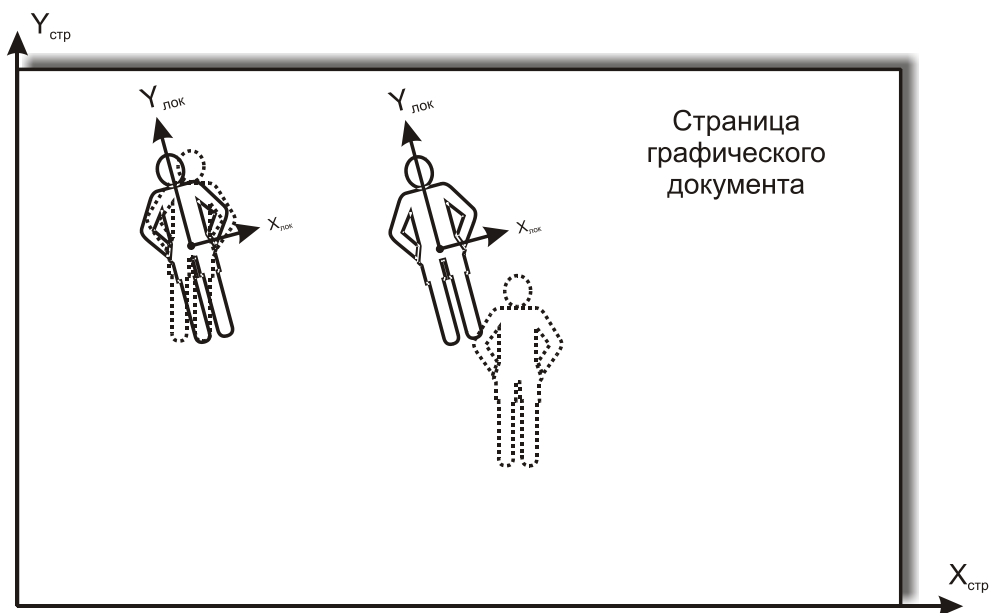


Рис. 2.2.2. Разворот графического объекта вокруг точек привязки и начала координат страницы

ПРИМЕЧАНИЕ

При создании графического объекта начало его локальных координат помещается на пересечении диагоналей габаритного прямоугольника.

Углом разворота называется угол, образованный одноименными осями координат локальной системы графического объекта и системы координат страницы. Чаще всего, разворот графического объекта выполняется вокруг точки его привязки, но возможно выполнение этой операции и относительно произвольно выбранной точки (рис. 2.2.2).

ПРИМЕЧАНИЕ

На рис. 2.2.2 пунктирной линией показаны исходные положения графических объектов до начала их разворота на 15° каждого относительно различных точек. Обратите внимание, что углы, образованные одноименными осями систем координат объекта и страницы, и в том, и в другом случае равны 15° .

Масштабным преобразованием называется изменение габаритных размеров графического объекта, записанных в его дескрипторе, в процессе рендеринга. Степень увеличения или уменьшения размеров отображения графического элемента зависит от коэффициента масштабного преобразования, который, как правило, задают отдельно по каждой из осей локальных координат графического объекта. Пример использования масштабного преобразования с различными значениями коэффициентов представлен на рис. 2.2.3.

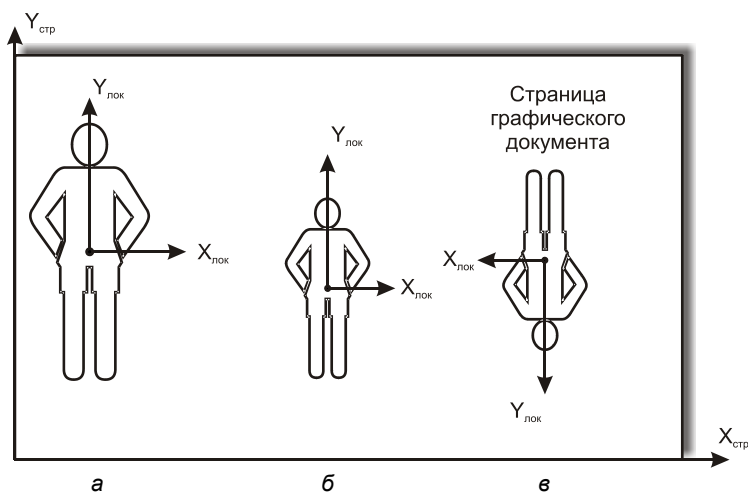


Рис. 2.2.3. Масштабное преобразование графического объекта:
а — исходный объект; б — масштабирование с коэффициентами (0,7; 0,7);
в — масштабирование с коэффициентами (-0,7; -0,7)

Отрицательный коэффициент масштабного преобразования приводит к изменению направления соответствующей оси локальной системы координат на противоположное. Так можно выполнять операцию зеркального отражения, но в большинстве программ векторной графики для этого предусмотрены специальные операции (как, впрочем, для смещения и для масштабирования).

2.2.2. Прямоугольники

Простейшие параметрические примитивы в программах компьютерной графики — прямоугольники. Геометрически прямоугольник представляет собой выпуклую фигуру, образованную четырьмя попарно равными и параллельными отрезками прямых, пересекающимися под прямыми углами. Но в компьютерной графике данные объекты не всегда являются прямоугольниками в геометрическом смысле. Это происходит по двум причинам:

- ❑ в класс прямоугольников оказалось удобным включить и производные от них фигуры, полученные закруглением углов;
- ❑ некоторые преобразования (например, скос, см. *разд. 2.6.9*) могут влиять на отображение объекта, не выводя его за пределы исходного класса.

На рис. 2.2.4 представлено несколько экземпляров объектов, относящихся к классу прямоугольников.

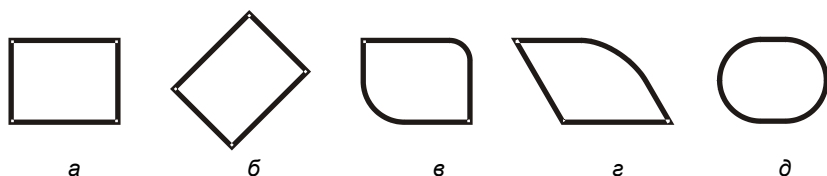


Рис. 2.2.4. Экземпляры объектов класса "прямоугольники"

Фигура на рис. 2.2.4, *а* представляет собой прямоугольник в том виде, в каком обычно создаются экземпляры объектов этого класса. Примитив на рис. 2.2.4, *б* в результате параметризации был повернут на некоторый угол. К объекту на рис. 2.2.4, *в* были применены методы, в результате которых два угла оказались закругленными. Объект, изображенный на рис. 2.2.4, *г* после закругления одного из углов был скошен на некоторый угол. Примитив на рис. 2.2.4, *д*, не имея ни одного незакругленного угла, тем не менее, является прямоугольником.

ПРИМЕЧАНИЕ

В общем случае, по внешнему виду нельзя определить, к какому классу относится графический объект. Но при работе это знать необходимо, поскольку методы, с помощью которых выполняется редактирование, у разных классов объектов различны. Поэтому в программах векторной графики класс выделенного объекта всегда отображается (обычно — в панели состояния).

К специфическим атрибутам прямоугольников относятся четыре значения, задающие степень закругления его углов. Эти относительные величины определяют радиус закругления и указываются в процентах. За 100% принимают половину длины более короткой из двух сторон, примыкающих к закругляемому углу. На рис. 2.2.5 представлены примеры закругления углов прямоугольника.

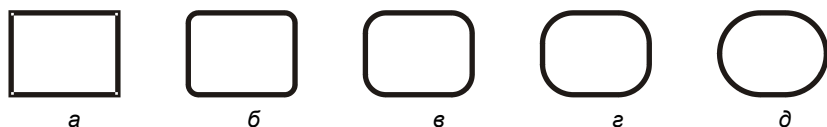


Рис. 2.2.5. Закругление всех углов прямоугольника на одинаковую величину:
а — 0%; б — 25%; в — 50%; г — 75%; д — 100%

ПРИМЕЧАНИЕ

Квадрат (относящийся к классу прямоугольников) с закругленными на 100% углами выглядит как окружность. Но от этого он не становится окружностью, и методы, которые можно применять к окружностям, к такому графическому объекту неприменимы.

К специфическим методам класса прямоугольников относится только построение и закругление углов. Первая операция выполняется с помощью интерактивного инструмента графического редактора, вторая чаще выполняется как параметризация (см. разд. 2.2.1).

2.2.3. Эллипсы

В рамках курса компьютерной графики можно воспользоваться упрощенным геометрическим определением эллипса и считать его растянутой в направлении одного из диаметров окружностью. Аналогично прямоугольникам, класс "эллипсов" включает в себя объекты, при строгом геометрическом подходе эллипсами не являющиеся: эллиптические дуги и сектора. Размеры геометрического объекта класса "эллипс" определяются его *габаритами* — длинами сторон описывающего прямоугольника, параллельных осям координат

страницы. На рис. 2.2.6 представлены различные экземпляры графических объектов класса "эллипс".

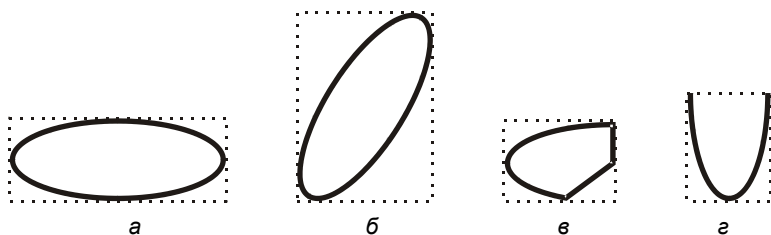


Рис. 2.2.6. Экземпляры графических объектов класса "эллипс" (габариты указаны пунктирной линией)

Фигура на рис. 2.2.6, *а* представляет собой эллипс в том виде, в каком обычно создаются экземпляры объектов этого класса. Прimitives на рис. 2.2.6, *б* в результате параметризации был повернут на некоторый угол. К объекту, изображенному на рис. 2.2.6, *в*, были применены методы, в результате которых он стал отображаться в виде сектора эллипса. Primitive на рис. 2.2.6, *г* после применения методов стал отображаться в виде дуги эллипса.

К специфическим атрибутам эллипсов относятся:

- ❑ *Тип отображения* — величина, которая может принимать три значения, соответствующие отображению эллипса в виде замкнутой фигуры, сектора или дуги. Независимо от значения этого атрибута графический объект остается экземпляром класса "эллипс".
- ❑ *Начальный угол* — угол, под которым к оси *X* локальной системы координат наклонен радиус, соединяющий центр эллипса и точку начала дуги эллипса.
- ❑ *Конечный угол* — угол, под которым к оси *X* локальной системы координат наклонен радиус, соединяющий центр эллипса и точку окончания дуги эллипса.
- ❑ *Направление дуги эллипса* — величина, которая может принимать два значения, соответствующие направлению дуги (по часовой стрелке или против). Эта величина необходима, поскольку во многих случаях от направления дуги зависит ее внешний вид (см. разд. 2.3.3).

На рис. 2.2.7 показано влияние специфических атрибутов эллипса на его отображение при рендеринге.

Вариант на рис. 2.2.7, *а* соответствует типу отображения "сектор", величина начального угла 0° , конечного — 270° , направление дуги против часовой

стрелки. Вариант на рис. 2.2.7, *б* соответствует типу отображения "дуга", величина начального угла 180° , конечного — 360° , направление дуги против часовой стрелки. Точно такой же фигуре может соответствовать другое сочетание значений специфических атрибутов эллипса: величина начального угла 0° , конечного угла — 180° , направление дуги по часовой стрелке.



Рис. 2.2.7. Влияние специфических атрибутов эллипса на его отображение

ПРИМЕЧАНИЕ

По внешнему виду объекта в общем случае нельзя определить точное сочетание значений атрибутов этого объекта. Для этого служат специальные методы, встроенные в интерфейс графических редакторов.

К специфическим методам класса эллипсов относятся:

- ☐ *Создание* — реализуется с помощью интерактивного инструмента (или нескольких инструментов) графического редактора.
- ☐ *Изменение типа отображения* — выполняется как параметризация.
- ☐ *Изменение начального и конечного углов* — выполняется как параметризация или с помощью интерактивного инструмента графического редактора.
- ☐ *Изменение направления дуги* — выполняется как параметризация.

2.2.4. Многоугольники и звезды

Как правило, в составе информационной модели векторного изображения имеется класс многоугольников. В некоторых реализациях этой информационной модели добавлены еще классы звезд и сложных звезд.

Класс многоугольников обычно ограничивается правильными выпуклыми многоугольниками (неправильные многоугольники вводят в состав информационной модели как объекты другого класса — линии). Однако и правильность, и выпуклость не следует понимать в строгом геометрическом смысле слова, т. к. применение к многоугольнику методов этого класса может преобразовать его в очень сложную фигуру. На рис. 2.2.8 представлены трех-, пяти-, семи-, десяти- и пятнадцатиугольник — объекты класса "многоугольник" в том виде, в котором они создаются.

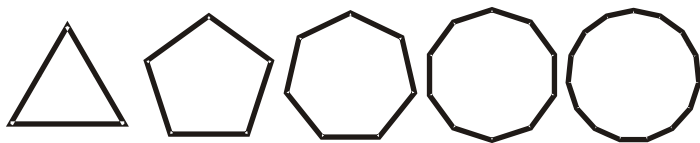


Рис. 2.2.8. Экземпляры класса графических объектов "многоугольник"

Для увеличения изобразительных возможностей многоугольников при создании экземпляра объекта этого класса он "снабжается" числом вершин, вдвое превышающим заданное число углов. Дополнительные вершины при создании многоугольника располагаются в серединах его сторон.

К специфическим атрибутам многоугольников относится *число углов*.

К специфическим методам многоугольников относятся *изменение числа углов* и *смещение вершин*. Первая операция обычно выполняется как параметризация, вторая — с помощью интерактивного инструмента графического редактора. При смещении любой из основных вершин относительно центра многоугольника согласованно меняется положение всех остальных основных вершин, при этом дополнительные вершины остаются на месте. При смещении любой из дополнительных вершин относительно центра многоугольника согласованно меняется положение всех остальных дополнительных вершин, при этом основные вершины остаются на месте. Примеры выполнения смещения вершин в десятиугольнике представлены на рис. 2.2.9.

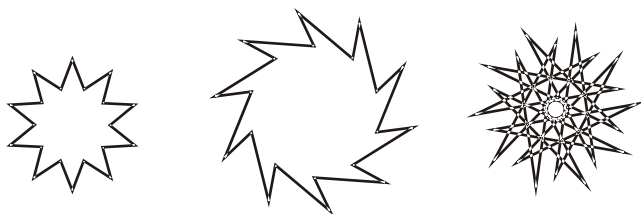


Рис. 2.2.9. Смещение дополнительных вершин десятиугольника

Класс звезд не очень сильно отличается от многоугольников. В результате создания экземпляра класса "звезда" строится графический объект, совпадающий с многоугольником, у которого дополнительные вершины смещены по направлению к центру (см. рис. 2.2.9, левая фигура).

Но к специфическим атрибутам звезд кроме *числа лучей* (соответствующего числу узлов у многоугольника) относится также *заострение лучей*. *Заострением лучей* называется степень смещения дополнительных вершин звезды

("пазух") в направлении центра. Этот атрибут может принимать значения от 1 до 99, показывающие, на какую часть радиуса (в процентах) выполняется смещение (рис. 2.2.10).

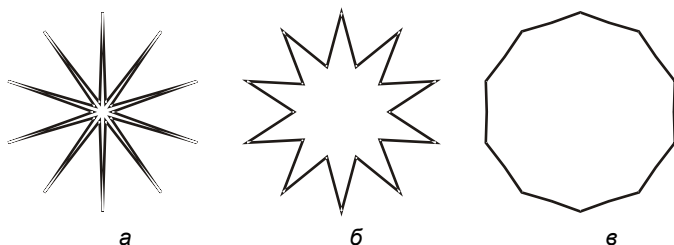


Рис. 2.2.10. Влияние атрибута заострения на форму звезды.
Значения атрибута: а — 90; б — 50; в — 1

Специфические методы у класса "звезда" те же, что у многоугольников, плюс изменение заострения лучей способом параметризации или с помощью интерактивного инструмента.

Графические объекты класса "сложная звезда" представляют собой многоугольники, углы которых соединены сторонами не с соседними углами, а через один, два или более углов. Специфические атрибуты у сложных звезд те же, что и у простых, но смысл атрибута заострения иной. Это числовая величина, которая может принимать только натуральные значения, показывающие, сколько углов многоугольника пропускается при соединении двух соседних углов отрезком прямой при построении сложной звезды. Влияние этого атрибута на форму сложной звезды представлено на рис. 2.2.11.

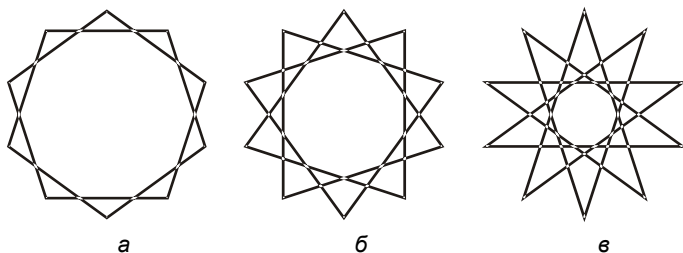


Рис. 2.2.11. Влияние атрибута заострения на форму сложной звезды.
Значения атрибута: а — 1; б — 2; в — 3

К специфическим методам сложных звезд относятся:

□ *Изменение числа лучей* — выполняется способом параметризации.

- ❑ *Изменение величины заострения лучей* — выполняется способом параметризации.
- ❑ *Смещение вершин* — выполняется с помощью интерактивного инструмента графического редактора.

2.2.5. Стандартные фигуры

Стандартными фигурами называется класс графических объектов, представляющих собой параметрические примитивы и предназначенных для ускоренного построения фигур, часто встречающихся в графических проектах. Как правило, в этот класс включают несколько подклассов, каждый из которых соответствует одной категории графических фигур: стрелкам, элементам блок-схем, выноскам и т. п.

У каждого из подклассов стандартных фигур имеются свои специфические атрибуты. Что касается специфических методов, то их номенклатура ограничена операциями изменения этих специфических атрибутов (обычно с помощью интерактивных инструментов графического редактора).

На рис. 2.2.12 представлены три экземпляра одной и той же стандартной фигуры (четырёхглавой стрелки) с различными значениями специфических атрибутов: ширины стрелки и ширины полосы, соединяющей стрелку с центром фигуры.

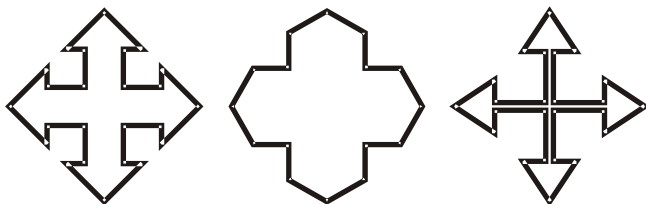


Рис. 2.2.12. Варианты стандартной фигуры, полученные изменением значений специфических атрибутов

Список новых терминов

- ❑ Параметризация
- ❑ Точка привязки
- ❑ Угол разворота
- ❑ Масштабное преобразование
- ❑ Стандартная фигура

Контрольные вопросы

1. В чем состоит операция параметризации графического объекта?
2. Какая точка графического объекта называется точкой привязки?
3. Каким образом измеряется угол разворота графического объекта?
4. Является ли масштабное преобразование изменением размеров графического объекта?
5. Каков результат масштабного преобразования с отрицательным коэффициентом?
6. По каким причинам классы прямоугольников и эллипсов в компьютерной графике не совпадают с одноименными классами в геометрии?
7. Почему по внешнему виду графического объекта нельзя однозначно судить, к какому классу он относится?
8. Какие типы отображения эллипсов используются в компьютерной графике?
9. Для чего необходимо однозначное определение направления дуги эллипса?
10. Если у двух объектов одного класса значения всех параметров совпадают, то совпадают и отображения этих объектов. Верно ли обратное?
11. Чем отличаются вершины и углы многоугольника?
12. Что происходит при смещении дополнительной вершины многоугольника?
13. Что характеризует заострение лучей простой и сложной звезды?
14. Что позволяет объединить в один класс стандартные фигуры?

Темы для обсуждения

1. Выбор номенклатуры параметрических примитивов для реализации информационной модели векторной графики.
2. Системы координат, используемые в двумерной компьютерной графике.
3. Аффинные преобразования и управляющая матрица аффинного преобразования.
4. Изобразительные возможности параметрических примитивов в работе над графическими проектами.

2.3. Информационная модель линии

Информационная модель линии — важнейшая часть модели векторного изображения. Ее исключительность обусловлена тем, что в линию или совокупность линий можно преобразовать почти любой объект векторной модели. Кроме того, линии входят почти во все составные объекты в качестве важных компонентов. В этой главе рассматривается устройство информационной модели линии, принятой в большинстве графических редакторов, а также приемы построения и редактирования линий, основанные на различных реализациях методов этого класса графических объектов.

2.3.1. Линии, узлы и сегменты

Говоря о линии, можно всегда иметь в виду кривую, поскольку отрезки прямых линий представляют собой лишь частные случаи кривых (кривые с бесконечным радиусом кривизны). В элементарной геометрии понятие кривой не имеет четкой формулировки и описывается как длина без ширины или как граница фигуры. В компьютерной графике линии образуют класс составных объектов, любой экземпляр которого может включать в себя произвольное натуральное число элементарных объектов (от одного и более). В качестве таких элементарных объектов выступают сегменты и узлы.

Узлом называется точка на плоскости изображения, определяющая положение одного из концов сегмента кривой и его направление в месте выхода из узла. *Сегментом* называется часть линии, соединяющая два смежных узла. Эти два типа элементарных объектов неразрывно связаны, они не могут существовать в отрыве друг от друга или вне линии. В замкнутой линии (см. разд. 2.3.2) число узлов и сегментов одинаково, в незамкнутой — различается на единицу.

Имеющиеся в составе линии узлы могут быть краевыми и промежуточными. *Краевым* называется узел, смежный только с одним сегментом линии.

Промежуточный узел располагается между двумя смежными сегментами. Кроме того, один из узлов линии является *начальным*. В незамкнутой линии это один из крайевых узлов, в замкнутой — один из промежуточных.

ПРИМЕЧАНИЕ

По умолчанию начальным является тот узел, с которого началось построение линии. Если экземпляр класса "линия" был создан в результате преобразования из объекта иного класса (см. разд. 2.3.5), то начальный узел замкнутой линии задается произвольно.

Сегменты линии подразделяются на *прямолинейные* и *криволинейные*. Прямолинейным называется сегмент, представляющий собой отрезок прямой линии, криволинейным — сегмент, в любой точке которого радиус кривизны отличен от бесконечности. На рис. 2.3.1 представлены сегменты и узлы незамкнутой и замкнутой линий.

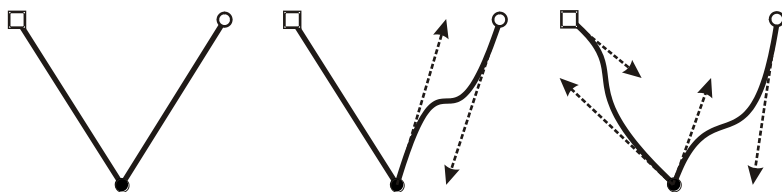


Рис. 2.3.1. Сегменты и узлы незамкнутой и замкнутой линий

Один из специфических атрибутов, определяющий последовательность узлов и сегментов в линии, — ее *направление*. Направление линии очень важно при редактировании, поскольку атрибуты сегмента хранятся в дескрипторе следующего за ним узла. Незамкнутая линия всегда направлена от начального узла к конечному. Направление замкнутой линии определяется последовательностью, в которой создавались ее узлы и сегменты. Направление замкнутой линии, полученной преобразованием из примитива, назначается по умолчанию (например, всегда по часовой стрелке).

Информационная модель узла и ее графическое представление

Информационная модель узла линии достаточно проста (см. далее), и в процессе совершенствования графических редакторов она получила унифицированное графическое представление, удобное для выполнения операций редактирования (рис. 2.3.2).

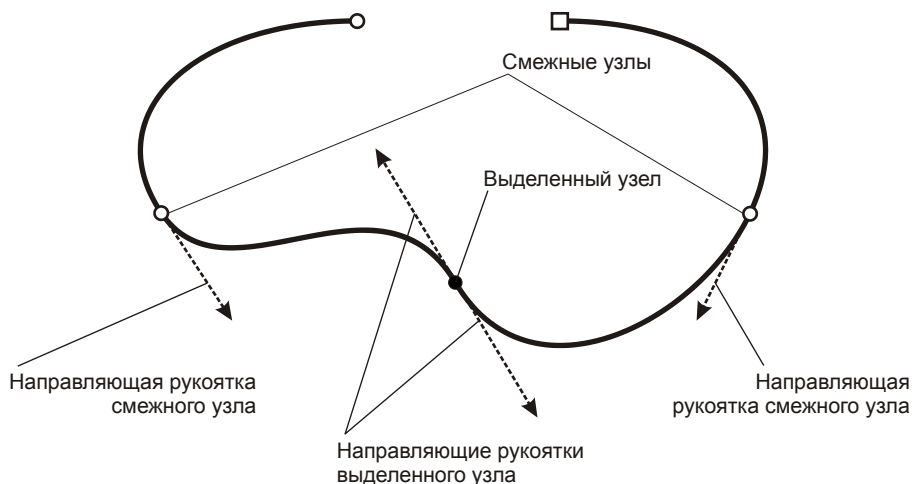


Рис. 2.3.2. Графическое представление информационной модели выделенного узла

ПРИМЕЧАНИЕ

Подобные графические представления информационных моделей графических объектов тех или иных классов достаточно широко используются в векторных графических редакторах для того, чтобы предоставить пользователю удобный интерактивный доступ к методам этого класса. Они называются *управляющими схемами*. Воздействуя с помощью интерактивных инструментов редактора на элементы управляющей схемы, пользователь одновременно выбирает метод и задает значение атрибута (или нескольких атрибутов) информационной модели.

Со стороны смежного с выделенным узлом криволинейного сегмента отображается *направляющая рукоятка* (на рис. 2.3.2 она показана в виде штриховой стрелки). Соответствующий ей отрезок прямой совмещен с касательной к этому криволинейному сегменту в выделенном узле. Чем длиннее направляющая рукоятка, тем медленнее криволинейный сегмент отклоняется от заданного ею направления по мере удаления от узла. На другом конце смежного с выделенным узлом криволинейного сегмента отображается еще одна направляющая рукоятка, относящаяся к смежному узлу.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если сегмент, смежный с выделенным узлом, оказывается прямолинейным, то с его стороны направляющие рукоятки не отображаются. Следовательно, при выделении любого узла линии отображаются четыре, две или ни одной направляющей рукоятки.

Сочетание геометрических характеристик направляющих рукояток и смежных с узлом сегментов определяют тип этого узла.

Типы узлов

Различают три типа узлов:

- ☐ точки излома;
- ☐ сглаженные узлы;
- ☐ симметричные узлы.

Точкой излома называется узел, в котором наклон и длину направляющих рукояток можно изменять независимо друг от друга. К точкам излома условно относят также узлы, в которых соприкасаются два прямолинейных сегмента. На рис. 2.3.3 приведены примеры точек излома.

Сглаженным называется узел, в котором направляющие рукоятки лежат на общей прямой, проведенной через выделенный узел. По крайней мере, один из сегментов, примыкающих к сглаженному узлу, должен быть криволинейным. На рис. 2.3.4 приведены примеры сглаженных узлов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Узел, к которому примыкают два прямолинейных сегмента, не может быть сглаженным, даже если эти сегменты образуют развернутый угол. Дело в том, что при смещении узла он не может менять свой тип.

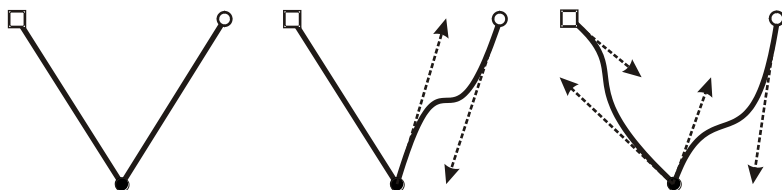


Рис. 2.3.3. Примеры точек излома: на стыке двух прямолинейных сегментов, на стыке прямолинейного и криволинейного сегментов, на стыке криволинейных сегментов

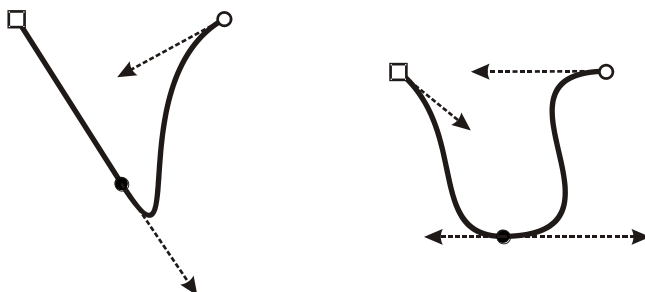


Рис. 2.3.4. Примеры сглаженных узлов: на стыке прямолинейного и криволинейного сегментов, на стыке криволинейных сегментов

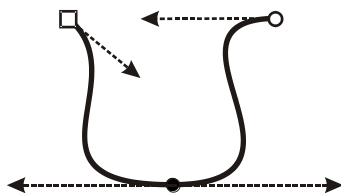


Рис. 2.3.5. Пример симметричного узла

Симметричным называется узел, в котором направляющие рукоятки лежат на общей прямой, проведенной через выделенный узел, и имеют одинаковую длину. Симметричные узлы могут располагаться только на стыке двух криволинейных сегментов. Пример симметричного узла представлен на рис. 2.3.5.

Специфические атрибуты и методы узла

К специфическим атрибутам узла относятся:

- ☐ тип предшествующего сегмента;
- ☐ тип узла;
- ☐ углы наклона направляющих рукояток;
- ☐ длины направляющих рукояток.

К специфическим методам узла относятся:

- ☐ создание узла с предшествующим ему сегментом;
- ☐ создание начального узла;
- ☐ выделение узла и группы узлов;
- ☐ смещение узла;
- ☐ разбиение сегмента узлом;
- ☐ разрезание узла;
- ☐ слияние узлов.

Реализация методов класса "узел" рассмотрена в *разд. 2.3.3* и *2.3.4*.

2.3.2. Замкнутость и односвязность

Как уже отмечалось, узлы в составе линии могут относиться к одной из двух категорий: краевые и промежуточные. *Замкнутой* называется линия, не имеющая краевых узлов. Если такие углы есть, то линия *незамкнутая*. Важность этого специфического атрибута линии обусловлена тем, что только для замкнутых объектов класса "линия" при рендеринге отображаются атрибуты обводки (*см. разд. 2.4.1*).

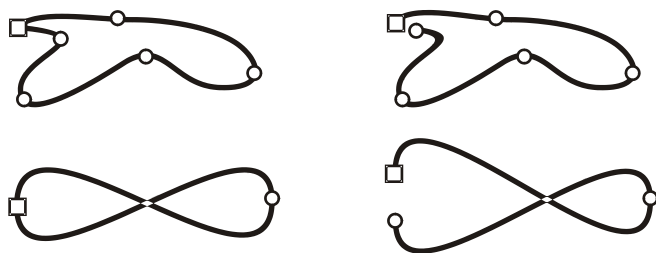


Рис. 2.3.6. Замкнутые (слева) и незамкнутые (справа) линии

ПРИМЕЧАНИЕ

Следует иметь в виду, что иногда краевые узлы линии могут располагаться в одной точке. При этом визуально линия выглядит замкнутой, а фактически является незамкнутой.

На рис. 2.3.6 представлены примеры замкнутых и незамкнутых линий.

Не всегда сегменты, составляющие линию, образуют единственную непрерывную последовательность — *ветвь*. В отдельных случаях ветвей может быть несколько. Каждая ветвь может представлять собой замкнутую или незамкнутую линию, а совокупность всех ветвей называется *соединенной* или *много-связной* линией. При этом атрибуты линии распространяются на все ее ветви.

ПРИМЕЧАНИЕ

Название "соединенная линия" происходит от операции соединения, при выполнении которой над несколькими линиями образуется новая линия, в которой исходные играют роль ветвей. Название "многосвязная линия" происходит от топологического термина "связность", обозначающего свойство геометрического объекта, которое состоит в возможности переместиться от одной точки объекта к любой другой, не выходя за пределы этого объекта. Многосвязный объект включает в себя несколько связных подобъектов.

Главная особенность соединенной линии — наличие в ней нескольких начальных узлов (по числу составляющих ее ветвей). Атрибуты обводки соединенной линии при рендеринге отображаются особым образом (см. разд. 2.4.1). На рис. 2.3.7 представлено несколько примеров соединенных линий.

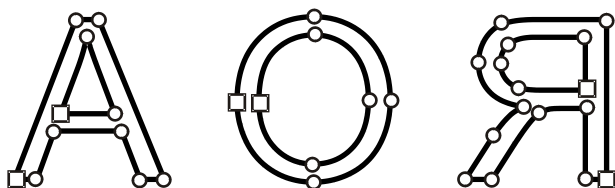


Рис. 2.3.7. Соединенные линии

2.3.3. Приемы построения

В большинстве векторных графических редакторов линии строятся одним из пяти нижеприведенных способов.

- ☐ Инструментом свободного рисования.
- ☐ Инструментом построения узлов.
- ☐ Инструментом построения ломаной линии.
- ☐ Преобразованием в линии примитивов или других графических объектов.
- ☐ Выполнением логических операций над линиями или другими графическими объектами.

Первые три способа являются различными реализациями последовательности применения двух специфических методов класса "линия": начального узла и создание узла с предшествующим ему сегментом.

При работе *инструментом свободного рисования* графический редактор получает от пользователя информацию о том, какую линию следует построить, в виде траектории перемещения указывающего устройства (мыши или графического планшета).

Узлы и сегменты линии формируются автоматически в соответствии с настройкой инструмента. Главный параметр настройки — частота размещения узлов вдоль траектории. Чем она выше, тем точнее траектория преобразуется в линию и тем больше на этой линии получается узлов. Пользователь может влиять на частоту расположения узлов вдоль траектории, меняя скорость перемещения указывающего устройства.

Преимущество метода свободного рисования — сравнительная простота. Но у него есть существенные недостатки, важнейшие из которых — низкая точность работы, сложность и слабая структуризация построенной линии. Простота инструмента оборачивается невозможностью точного позиционирования узлов и задания желаемых значений их атрибутов. Большинство построенных этим методом линий требуют последующей корректировки приемами редактирования (см. разд. 2.3.4), которая затрудняется большим числом автоматически построенных узлов, зачастую ненужных для выявления формы линии.

Инструмент построения узлов требует, чтобы пользователь не просто провел указателем по траектории линии, но и выполнил определенные действия в каждом из ее узлов:

- ☐ определил тип создаваемого угла;
- ☐ зафиксировал положение узла;
- ☐ зафиксировал направление и длину направляющих рукояток узла.

Работать инструментом построения узлов сложнее и дольше, чем инструментом свободного рисования, но построенные линии почти не требуют корректировки, а число построенных узлов оказывается минимальным, что дополнительно упрощает редактирование. Обычно узлы создают в тех точках, где линия имеет излом или перегиб.

ПРИМЕЧАНИЕ

Иногда инструмент построения узлов называют "инструментом Безье" или "кривой Безье" по фамилии математика, первым предложившего современную информационную модель линии.

Инструмент построения ломаной линии — это упрощенная версия инструмента построения узлов: из всех типов узлов он "умеет" строить только точки излома между двумя прямолинейными сегментами. При этом пользователь может работать очень быстро, поскольку его действия по созданию каждого узла минимальны — достаточно определить его положение.

Создание линии путем преобразования графических объектов других классов рассматривается в *разд. 2.3.5*. Построение линии в результате логической операции над линиями и графическими объектами других классов рассматривается в *разд. 2.3.6*.

2.3.4. Приемы редактирования

Приемы редактирования по-разному реализуются в различных векторных графических редакторах, но поскольку все они представляют собой интерфейсы методов узла и используют унифицированное графическое представление, удобное для выполнения операций редактирования (см. рис. 2.3.2), то можно говорить о приемах редактирования линии обобщенно, без привязки к интерфейсу конкретной программы.

Выделение узлов и сегментов

Перед выполнением любой операции редактирования необходимо выделить объект, подлежащий изменению. Так как узел является не самостоятельным объектом, а подобъектом класса "линия", для выделения узлов обычно предусмотрен специальный инструмент. Выделение выполняется либо щелчком на нужном узле, либо растягиванием рамки выделения вокруг одного или нескольких узлов.

Поскольку единственный специфический атрибут сегмента изменяется с помощью метода узла, выделять сегмент перед редактированием не обязательно. Тем не менее такая операция реализована в нескольких графических редакторах (главным образом, для того, чтобы сегмент было можно удалить).

Перемещение узла

Перемещение выделенного узла или группы узлов — основная операция редактирования линии, дающая возможность радикально изменить ее форму. Эта операция может выполняться с помощью интерактивного инструмента графического редактора или геометрическим преобразованием. На рис. 2.3.8 представлены результаты перемещения узлов замкнутой линии.

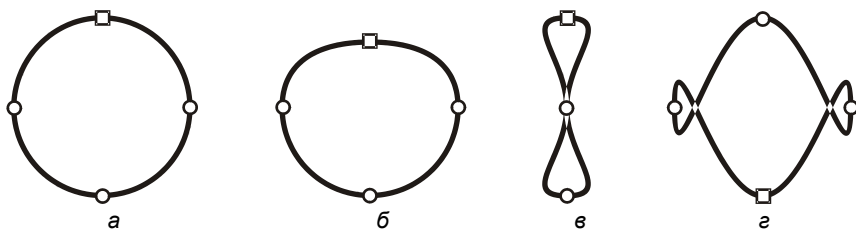


Рис. 2.3.8. Перемещение узлов: а — исходное состояние;

б — начальный узел смещен вниз;

в — боковые узлы выровнены по вертикальной координате;

г — верхний и нижний узлы зеркально отображены относительно горизонтальной оси

Разрезание и слияние узлов

Операция *разрезания* применима к любым узлам замкнутой и к промежуточным узлам линии незамкнутой линии. В результате линия разрывается в выделенном узле, а на его месте образуются два краевых узла. Если разрезался узел замкнутой линии, то образуется незамкнутая линия, начальный и конечный узлы которой располагаются в одной точке. При разрезании промежуточного узла незамкнутой линии образуется соединенная линия. Ветви соединенной линии также можно разрезать.

Операция *слияния* применима только к краевым узлам линии или ветвей соединенной линии. В операции могут участвовать только два краевых узла, и они должны принадлежать одной линии. При слиянии краевых узлов одной ветви она становится замкнутой, при слиянии краевых узлов, принадлежащих разным ветвям одной соединенной линии, эти ветви соединяются в одну.

Добавление и удаление узла

Операция *добавления узла* выполняется либо с помощью интерактивного инструмента векторного графического редактора, либо способом параметризации. В первом случае пользователь указывает, где должен располагаться новый узел, и графический редактор вставляет в состав линии новый узел

и соответствующий ему сегмент, настраивая их атрибуты таким образом, чтобы форма линии не изменилась. Во втором случае выделяют несколько смежных узлов линии, и между ними добавляют по одному новому узлу таким же образом.

Операция *удаления узла* выполняется способом параметризации. Выделенный узел удаляется, а соответствующий ему сегмент присоединяется к предшествующему. При этом направляющие рукоятки смежных со вновь образованным сегментом узлов автоматически настраиваются так, чтобы изменение формы линии в результате удаления узла было бы минимальным. При удалении краевого узла удаляется и смежный с ним сегмент линии.

ПРИМЕЧАНИЕ

Возможно одновременное удаление нескольких выделенных узлов.

Изменение типа узла или сегмента

Изменение типа узла или предшествующего ему сегмента выполняют методом параметризации, интерактивные инструменты для этого не нужны. Возможна реализация метода с помощью альтернативных командных кнопок в интерфейсе пользователя.

Перемещение направляющих рукояток узла

Совместно с перемещением узлов, перемещение направляющих рукояток узла позволяет придавать линии в точности нужную форму. Применение этой операции изменяет четыре значения специфических атрибутов узла, задающих направления смежных с узлом сегментов (углы наклона и длины направляющих рукояток). Для трех типов узлов эта операция выполняется по-разному (рис. 2.3.9).

В верхнем ряду представлены исходные состояния двухсегментных кривых одинакового внешнего вида, промежуточные узлы которых принадлежат к различным типам. Начальный и конечный сегменты линии центрально симметричны относительно ее промежуточного узла, линия в промежуточном узле гладкая. В нижнем ряду представлены формы кривых и расположение направляющих рукояток промежуточного узла после того, как нижняя направляющая рукоятка была развернута против часовой стрелки в горизонтальное положение так, чтобы при этом ее длина сократилась вдвое.

Левый столбец соответствует перемещению направляющей рукоятки узла типа "точка излома". Перемещение нижней рукоятки не повлияло на положение и длину верхней, поэтому изменился только конечный сегмент кривой. Гладкость кривой в промежуточном узле была утрачена.

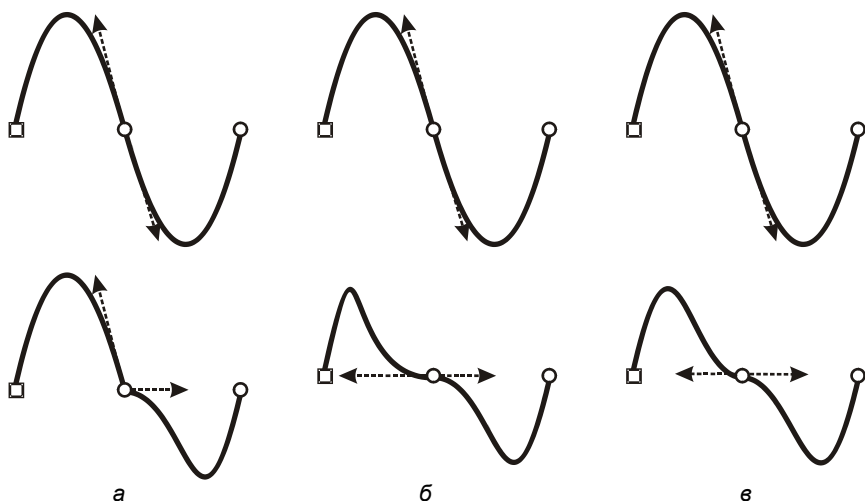


Рис. 2.3.9. Перемещение направляющей рукоятки узла: а — для узла типа "точка излома"; б — для узла типа "сглаженный"; в — для узла типа "симметричный"

Средний столбец соответствует перемещению направляющей рукоятки узла типа "сглаженный". Разворот нижней и верхней направляющих рукояток идентичен. Из-за этого гладкость кривой в промежуточном узле сохранилась. Длина верхней управляющей рукоятки осталась неизменной, из-за чего симметрия кривой нарушилась.

Правый столбец соответствует перемещению направляющей рукоятки узла типа "симметричный". Разворот нижней и верхней направляющих рукояток идентичен. Длина нижней и верхней управляющих рукояток изменилась одинаково, поэтому и гладкость кривой в промежуточном узле, и ее симметричность относительно этого узла сохранились.

Соединение и разъединение

Соединением называется операция редактирования, выполняющаяся над несколькими графическими объектами, в результате которой получается соединенная линия. Исходными объектами могут быть не только линии, но и экземпляры других классов графических объектов, например, примитивы или тексты.

ПРИМЕЧАНИЕ

При выполнении операции соединения все исходные объекты, не являющиеся линиями, по умолчанию преобразуются в линии, после чего, конечно, к ним уже нельзя применять методы их исходных классов.

В качестве исходных для операции соединения не могут выступать составные объекты (см. разд. 2.7.3). Однако их можно предварительно разъединить. *Разъединением* называется операция, в результате которой исходный составной объект преобразуется в группу объектов других классов (см. разд. 2.7.2).

Исходным объектом для операции разъединения может служить и соединенная линия. Тогда в результате этой операции получается столько отдельных односвязных линий, сколько ветвей было в соединенной линии.

ПРИМЕЧАНИЕ

Даже если соединенная линия была создана в результате соединения объектов различных классов, то после операции разъединения все равно получаются только односвязные линии, первоначальные объекты восстановлены не будут.

Частный случай разъединения — *отделение ветви*. В результате этой операции выделенная ветвь соединенной линии становится самостоятельной линией, а число ветвей соединенной линии уменьшается на единицу.

Замыкание линии

Операция *замыкания линии* может выполняться в двух вариантах: автоматическом и ручном. В первом случае операция над выделенной линией автоматически добавляет к каждой из ее незамкнутых ветвей по прямолинейному сегменту, соединяющему краевые узлы, в результате чего те становятся замкнутыми. В ручном варианте вначале выделяются краевые узлы ветви, которую следует замкнуть, после чего строится замыкающий сегмент.

ПРИМЕЧАНИЕ

Выполнение операции замыкания над замкнутой линией не приводит к каким-либо результатам.

Изменение направления линии

Операция *изменения направления* линии приводит к тому, что начальный узел линии становится конечным, конечный — начальным, а последовательность узлов и сегментов линии изменяется на обратную. Если операция выполняется над соединенной линией, то все указанное предельвается над каждой ветвью этой линии.

Сглаживание линии

Во многих случаях бывает необходимо сократить число узлов и сегментов линии таким образом, чтобы ее общая форма изменилась минимально. Для этого служит операция *сглаживания линии*, выполняемая только способом

параметризации, при котором пользователь задает степень сглаживания. Фактически она сводится к удалению некоторого числа узлов линии с соответствующими им сегментами.

2.3.5. Преобразование в линии

Как уже многократно отмечалось, векторная информационная модель изображения включает в себя графические объекты многих классов. Это обусловлено тем, что специализированные классы объектов более удобны для решения различных задач, возникающих в работе над графическими проектами. Но удобство в решении отдельных задач достигается за счет снижения гибкости.

Например, текст можно изобразить с помощью линий или параметрических примитивов, "вырисовывая" каждую букву, но удобнее сделать это на основе объектов векторного текста (они описаны в *главе 2.5*). Такие объекты позволяют легко выполнять операции верстки и допускают некоторые варианты деформации символов текста, но иногда этого бывает недостаточно. В этом случае можно воспользоваться преобразованием части текста в линии. Основное преимущество линий — у этого класса имеется много гибких методов для редактирования (рис. 2.3.10).



Рис. 2.3.10. Пример перевода части текста в линии

К сожалению, преобразование в линии необратимо, поэтому его рекомендуется применять только к тем частям изображения, которые действительно требуют максимальной гибкости в редактировании.

2.3.6. Логические операции

Логические операции — это операции редактирования, позволяющие построить линию, форма и структура которой определяются ранее построенными графическими объектами и типом логической операции, которая над ними выполняется. Как правило, перед выполнением подобной операции требуется выделить участвующие в ней объекты.

Логические операции представляют собой неспецифические методы совокупности графических объектов. В графических редакторах они реализуются способом параметризации с помощью меню и командных кнопок.

Объединение

Объединение — логическая операция, состоящая в удалении перекрывающихся частей объединяемых объектов и составлении из оставшихся фрагментов их линий новой линии, совпадающей с совокупным абрисом этих объектов. При объединении непересекающихся объектов результат будет тот же, что при их соединении (см. разд. 2.3.4) — соединенная линия с несколькими ветвями. То же произойдет при участии в операции объединения замкнутого и незамкнутого объектов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если один или несколько объединяемых объектов не являются объектами класса "линия", то перед выполнением операции они преобразуются в линии. Некоторые объекты нельзя преобразовать в линии непосредственно (например, составные объекты, см. главу 2.8) и рамки простого текста (см. разд. 2.5.3). Такие объекты не могут участвовать в логических операциях.

Операция объединения удобна для построения линий сложной формы, состоящих из фрагментов графических примитивов или ранее построенных графических объектов. На рис. 2.3.11 представлен пример построения формы бокала из графических примитивов и результатов простейшего их редактирования.

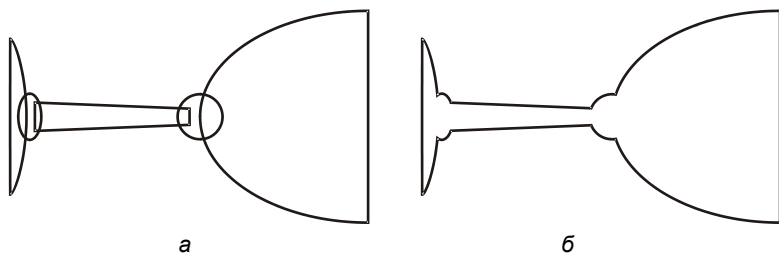


Рис. 2.3.11. Объединение нескольких замкнутых графических объектов:
а — исходное расположение; б — результирующая линия

Пересечение

Пересечение — логическая операция, состоящая в удалении неперекрывающихся частей пересекаемых объектов и построении нового (новых) объектов из их перекрывающихся частей. В операции могут участвовать две совокуп-

ности объектов — пересекаемые и пересекающие. Новые объекты строятся из всех попарных пересечений пересекаемых и пересекающих.

При наличии у пересекаемых объектов заливки и обводки (см. главу 2.4) значения их атрибутов будут унаследованы объектами, полученными при пересечении. Как правило, операция пересечения выполняется над двумя выделенными объектами. Если пересекаемых или пересекающих объектов больше одного, перед выполнением операции пересечения следует построить из них две группы (см. разд. 2.7.2).

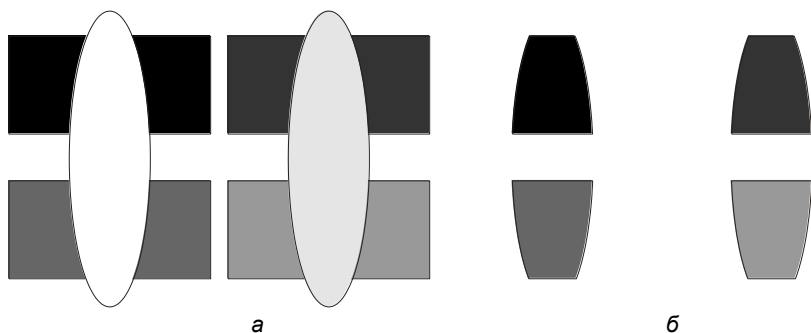


Рис. 2.3.12. Операция пересечения: а — исходное расположение групп пересекаемых и пересекающих объектов; б — результирующие объекты

На рис. 2.3.12 группа пересекаемых объектов состоит из прямоугольников, группа пересекающих — из эллипсов.

ПРИМЕЧАНИЕ

В результате пересечения пары графических объектов всегда получается одна линия (возможно, соединенная, состоящая из нескольких ветвей).

Исключение

Исключение — логическая операция, состоящая в удалении перекрывающихся частей исходного и исключаемого объекта (объектов).

При наличии у исходных объектов заливки и обводки (см. главу 2.4) значения их атрибутов будут унаследованы объектами, полученными при исключении. Как правило, операция исключения выполняется над двумя выделенными объектами. Если пересекаемых или пересекающих объектов больше одного, то перед выполнением операции пересечения следует построить из них две группы (см. разд. 2.7.2).

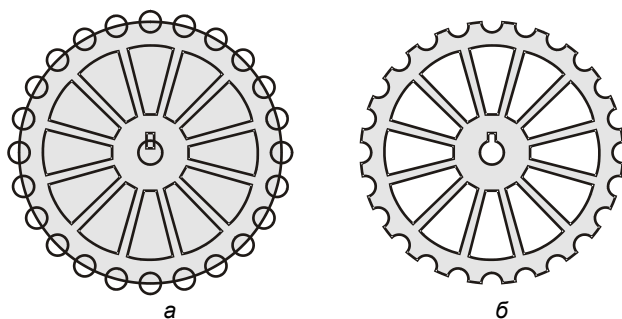


Рис. 2.3.13. Операция исключения: *а* — расположение исходных объектов; *б* — результирующий объект

Исключаемым объектом может быть незамкнутая линия. Если при этом она пересекает замкнутый объект, этот объект превращается в соединенную линию, состоящую из двух ветвей. Если исключаемая линия пересекает границу замкнутого объекта только один раз, в нем возникает "надрез". "Надрез" по форме исключаемой линии представляет собой пары сегментов одинаковой формы, лежащие вплотную друг к другу.

На рис. 2.3.14 представлен результат трехкратного применения операции исключения.



Рис. 2.3.14. Результат трехкратного выполнения операции исключения

Первую операцию исключения выполнили над прямоугольником, из которого исключили ломаную, однократно пересекавшую его границу в правом нижнем углу. Края "надреза" развели, сместив узлы вверх и вниз. Затем из получившейся фигуры исключили надпись. После этого исключили ломаную, пересекавшую всю фигуру. Наконец, составную кривую разъединили на две, верхнюю из которых сместили вверх и развернули.

Список новых терминов

- ☐ Узел
- ☐ Сегмент
- ☐ Краевой узел
- ☐ Промежуточный узел
- ☐ Начальный узел
- ☐ Направление линии
- ☐ Управляющая схема
- ☐ Направляющая рукоятка
- ☐ Точка излома
- ☐ Сглаженный узел
- ☐ Симметричный узел
- ☐ Ветвь линии
- ☐ Соединенная линия
- ☐ Разрезание узла
- ☐ Слияние узлов
- ☐ Соединение объектов
- ☐ Разъединение объектов
- ☐ Отделение ветви
- ☐ Замыкание линии
- ☐ Сглаживание линии
- ☐ Преобразование в линии
- ☐ Логические операции
- ☐ Объединение
- ☐ Пересечение
- ☐ Исключение

Контрольные вопросы

1. Чем объясняется исключительная роль информационной модели линии в работе с векторными изображениями?
2. В чем разница между кривыми и прямыми линиями?
3. Какие подобъекты включаются в информационную модель линии?

4. Какую роль в информационной модели линии играют узлы?
5. Какую роль в информационной модели линии играют сегменты?
6. Каково соотношение числа узлов и сегментов?
7. Для какой цели служит начальный узел линии?
8. Каким образом при создании линии определяется, который из узлов будет начальным?
9. Что определяется направлением линии?
10. Что представляет собой управляющая схема и для чего она применяется?
11. Какую роль в управляющей схеме узла играют направляющие рукоятки?
12. Чем различаются типы узлов линии?
13. Почему со стороны прямолинейного сегмента направляющая рукоятка узла линии не отображается?
14. Каковы особенности поведения узлов типа "точка излома"?
15. Каковы особенности поведения узлов типа "сглаженный"?
16. Каковы особенности поведения узлов типа "симметричный"?
17. Каким образом определяется, является ли линия замкнутой?
18. Чем обычная линия отличается от соединенной?
19. Каковы преимущества и недостатки построения линий инструментом свободного рисования?
20. Какие атрибуты задаются для каждого узла при работе инструментом построения узлов?
21. За счет чего повышается скорость работы при использовании инструмента построения ломаной линии?
22. Для чего необходима операция выделения узлов линии?
23. Какими способами можно перемещать выделенные узлы линии?
24. Что происходит при разрезании выделенного узла линии?
25. Что происходит при слиянии выделенной пары узлов линии?
26. Для чего может потребоваться добавление и удаление узла линии?
27. Какие ограничения накладываются на перемещение направляющих рукояток при редактировании узлов различных типов?
28. Что происходит при выполнении операции соединения?
29. Что происходит при выполнении операции разъединения?
30. Чем отделение ветви отличается от разъединения объекта?

31. Какие действия выполняются при замыкании соединенной линии?
32. Что происходит при изменении направления соединенной линии?
33. Для какой цели выполняется сглаживание линии?
34. Какие преимущества дает преобразование в линии и какие недостатки с ним связаны?
35. Чем объединение отличается от соединения?
36. Что может получиться в результате пересечения двух колец?
37. В чем особенности выполнения операции исключения, если один из исключаемых объектов представляет собой незамкнутую линию?

Темы для обсуждения

1. Альтернативные информационные модели линий.
2. Приемы перемещения узлов, основанные на геометрических преобразованиях.
3. Изобразительные возможности линий в работе над графическими проектами.
4. Задачи графического проектирования, требующие преобразования в линии.
5. Изобразительные возможности логических операций в работе над графическими проектами.

2.4. Обводка и заливка объектов

В предыдущих главах, посвященных параметрическим примитивам и линиям, рассматривались преимущественно форма, расположение и размеры графических объектов. В этой главе рассматриваются неспецифические (т. е. свойственные многим классам графических объектов) атрибуты, определяющие внешний вид графических объектов, который они получают в процессе рендеринга: атрибуты обводки и заливки.

Обводка — это совокупность параметров информационной модели, управляющих цветом, шириной и другими характеристиками отображения линий.

Заливка — это совокупность параметров информационной модели, определяющая способ графического заполнения внутренней части замкнутых объектов.

2.4.1. Обводка

В предыдущих разделах все линии условно считались одинаковыми. Пока речь шла о приемах работы с их формой, это было допустимо. Но в практике графического проектирования приходится пользоваться различными линиями: широкими и узкими, сплошными и штриховыми, красными, синими и любых других цветов. Чтобы разделить форму и внешний вид линии, предположим, что линия — это тонкое прозрачное стекловолокно. Поскольку оно тонкое, его можно изгибать произвольным образом. Так как оно прозрачное, то его нельзя увидеть. Но стекловолокно можно сделать видимым, надев на него непрозрачный (или частично прозрачный) чехол. Этот чехол, похожий на изолирующую оболочку электрических проводов, может быть любого цвета и толщины, иметь специальные наконечники и обладать многими другими свойствами. Именно такой "чехол", представляющий собой метафору обводки, и виден на изображении. Но длина и форма этого чехла определяются исключительно линией, на которую он надет.

В литературе по векторной графике существует достаточно много терминов для обозначения обводки: контур, контурная линия, линия обводки, обводка контура, обводка абриса.

Информационная модель обводки

К основным атрибутам, определяющим внешний вид обводки, относятся:

- ☐ Толщина
- ☐ Вид
- ☐ Завершители
- ☐ Углы
- ☐ Наконечники
- ☐ Цвет
- ☐ Масштабируемость толщины
- ☐ Расположение относительно заливки
- ☐ Форма пишущего инструмента
- ☐ Параметры размеров пишущего инструмента

Методов, связанных с обводкой, немного, поскольку большинство значений атрибутов задаются способом параметризации (как правило, с помощью диалогового окна с соответствующими элементами управления). В настоящей главе рассматриваются два метода:

- ☐ отделение обводки;
- ☐ настройка пишущего инструмента.

Толщина

Толщиной обводки называется расстояние от ее края до противоположного края, измеренное вдоль направления нормали к линии, задающей форму обводки. По традиции, позаимствованной из полиграфии, толщину линии измеряют в *пунктах* (pt, 1/72 дюйма или 0,35 мм). На рис. 2.4.1 показана последовательность, в которой толщина обводки каждой последующей линии в два раза больше предыдущей. Толщина обводки верхней линии составляет половину пункта, нижней — 16 пунктов.

Обводка располагается симметрично относительно обведенной линии. Это следует иметь в виду при назначении толщины обводки небольших замкнутых линий, т. к. обводка может перекрыть внутренний просвет целиком.



Рис. 2.4.1. Влияние значения атрибута толщины на внешний вид обводки

Вид

Вид или *стиль* обводки — это заранее установленное сочетание штрихов и просветов, повторяющееся вдоль всей обводимой линии. Как правило, программы векторной графики предоставляют пользователю как стандартные виды обводки, так и возможность описывать заказные виды. На рис. 2.4.2 представлены некоторые стандартные виды обводки.



Рис. 2.4.2. Примеры стандартных видов обводки толщиной 3 пункта

ПРИМЕЧАНИЕ

Длина штрихов и просветов задается не в относительных величинах, а в процентах от толщины обводки. Поэтому длина штрихов обводки толщиной 3 и 6 пунктов будет различаться тоже в два раза.

Завершители

Завершителем называется способ выполнения обводки краевых узлов линии. Завершители имитируют работу самыми распространенными чертежными инструментами: плакатным пером, трубкой и фломастером с квадратным сечением пишущего элемента. На рис. 2.4.3 представлены линии с завершителями (начальные узлы линий показаны квадратиками).

Существуют три варианта завершителей:

- ❑ *Срез* — обводка просто "обрезается" перпендикулярно обводимой линии через крайние точки. В этом варианте пишущий инструмент представляет собой аналог плакатного пера с шириной, равной толщине обводки, и нулевой высотой. При выполнении обводки перо перемещается так, что его

центр всегда находится на обводимой линии, и при этом перо в любой точке перпендикулярно данной линии.

- ❑ *Закругление* — обводка "обрезается" по окружности с диаметром, равным толщине обводки, а центр располагается в краевом узле. Пишущий инструмент представляет собой аналог стеклянной трубочки с тушью, диаметр которой равен толщине обводки. При выполнении обводки трубочка перемещается так, что ее центр всегда находится на обводимой линии.
- ❑ *Квадрат* — обводка "обрезается" по квадрату со стороной, равной толщине обводки, центр которого располагается в краевом узле. Пишущий инструмент представляет собой аналог фломастера с квадратным сечением стержня.



Рис. 2.4.3. Варианты завершителей обводки.
Сверху вниз: срез, закругление, квадрат

ПРИМЕЧАНИЕ

Завершители обводки всех краевых узлов как обычной, так и составной линии всегда выполняются однотипно.

Углы

Угол — это способ выполнения обводки в промежуточных узлах линии, имеющих тип "точка излома". На рис. 2.4.4 приведены три типа углов обводки.



Рис. 2.4.4. Типы углов обводки в точках излома.
Слева направо: заостренный, закругленный и срезанный

Первый тип угла обводки называется *заостренным*. В этом случае обводка продолжается по направлению смыкающихся в узле сегментов до пересечения друг с другом. Для *закругленного* угла радиус закругления равен половине толщины обводки. При формировании *срезанного* угла обводки по смыкающимся в узле сегментам обводка выполняется как для краевого узла с завершителем типа "срез" (см. ранее), а затем добавляется треугольник, формирующий сам срез.

Наконечники

Наконечник обводки — это стандартный графический фрагмент, размещаемый как часть обводки в краевых узлах обводимой линии. Размер наконечника определяется толщиной обводки, а ориентация — направлением краевого сегмента в соответствующем ему краевом узле. Кроме стандартных наконечников могут использоваться заказные, подготовленные пользователем. Примеры наконечников приведены на рис. 2.4.5.

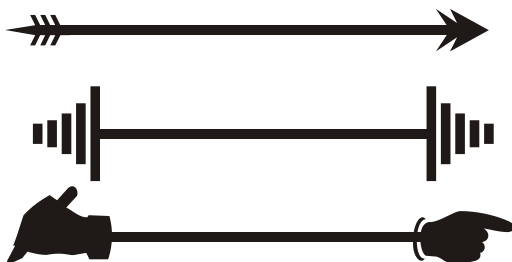


Рис. 2.4.5. Наконечники обводки

Для начального и конечного узлов наконечники задаются индивидуально.

ПРИМЕЧАНИЕ

В составной линии при выборе наконечников во всех незамкнутых ветвях будут отображены одинаковые пары наконечников.

Цвет

Цвет обводки задают с помощью цветовых моделей, описанных в *главе 1.3*. Обычно цвет выбирают способом параметризации с помощью специальных элементов интерфейса — палитр и диалоговых окон-селекторов.

На всей площади обводки ее цвет остается неизменным. В тот же цвет окрашиваются и наконечники обводки.

Масштабируемость толщины

Соотношение размера объекта и толщины его обводки сильно влияет на вид изображения. Поскольку вид графических объектов в ходе редактирования может радикально меняться под действием преобразований, то и упомянутое соотношение изменяется (особенно это заметно при непропорциональном масштабировании, см. *разд. 2.6.6*).

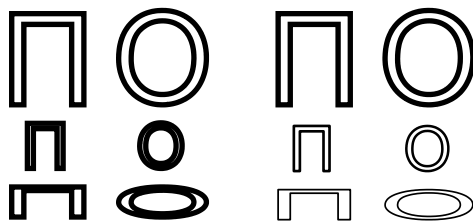


Рис. 2.4.6. Режимы сохранения (слева) и пропорционального изменения (справа) толщины обводки при масштабном преобразовании

На рис. 2.4.6 изображены две группы объектов, полученных преобразованием в линии букв "П" и "О". Здесь в верхнем ряду представлены исходные объекты, в среднем — результаты их пропорционального масштабирования с коэффициентом 0,5, а в нижнем — результаты их непропорционального масштабирования только по вертикальной оси локальной системы координат с коэффициентом 0,5.

В объектах левой группы толщина обводки сохраняется независимо от преобразования. Для объектов правой группы задано пропорциональное изменение толщины обводки при преобразованиях, влияющих на размер объекта. Выбор режима *масштабируемости толщины* осуществляется способом параметризации.

Отделение обводки

При необходимости обводку линии или иного графического объекта можно преобразовать в самостоятельный графический объект класса "линия". Эта операция обычно выполняется командой меню, поскольку не требует введения значений параметров.

В результате ее выполнения исходный графический объект утрачивает обводку (ей присваиваются значения атрибутов по умолчанию), но появляется замкнутая линия с однородной заливкой (см. *разд. 2.4.2*), цвет которой определяется исходным цветом обводки.

Настройка пишущего инструмента

Группа методов настройки пишущего инструмента позволяет влиять на способ построения обводки, имитируя каллиграфические штрихи. Есть возможность задать отношение высоты рабочей части пишущего инструмента к его ширине и наклон инструмента к горизонтали. Форма рабочей части инструмента до выполнения масштабирования определяется формой завершителей линии (см. ранее). На рис. 2.4.7 представлена соединенная линия, состоящая из двух ветвей, и результаты построения ее обводки одинаковой толщины при различной настройке пишущего инструмента.

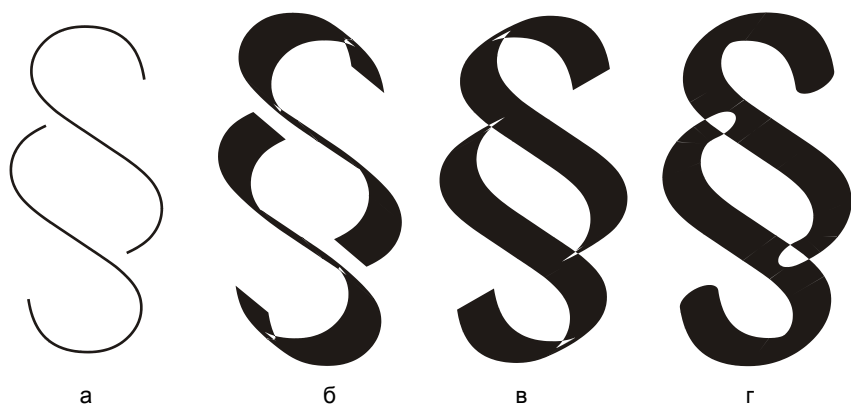


Рис. 2.4.7. Варианты настройки пишущего инструмента

Вариант на рис. 2.4.7, *а* соответствует линии с обводкой минимальной толщины 0,5 пунктов, на рис. 2.4.7, *б* — прямоугольному перу с соотношением сторон рабочей части 10% и наклоном пера 50°, на рис. 2.4.7, *в* — прямоугольному перу с соотношением сторон рабочей части 10% и наклоном пера 120°, на рис. 2.4.7, *г* — эллиптическому перу с соотношением диаметров рабочей части 50% и наклоном 120°.

2.4.2. Однородная заливка

Однородной или *сплошной заливкой* называется заполнение части плоскости, ограниченной замкнутой линией (или ветвью составной линии), цветом, одинаковым в любой точке. Выбор цвета однородной заливки выполняется с помощью палитр или реализаций цветовых моделей средствами интерфейса векторного графического редактора.

ПРИМЕЧАНИЕ

Это не означает, что у незамкнутых линий нет атрибутов заливки. Они имеются, и можно задать их значения, но в обычных условиях заливка, назначенная незамкнутой линии, не отображается при рендеринге.

У заливки соединенных линий имеются особенности. На рис. 2.4.8 представлены примеры заливки соединенной линии, состоящей из двух замкнутых ветвей. В случае, когда одна ветвь соединенной линии полностью заключена внутри другой ветви (рис. 2.4.8, *а*), заливка видна только в тех местах, где ветви не перекрываются. При пересечении ветвей (рис. 2.4.8, *б*) заливка отображается по тому же принципу — в тех частях обеих ветвей, в которых они не перекрываются. В варианте на рис. 2.4.8, *в* ветви не пересекаются, и заливка отображается на всей площади обеих ветвей.

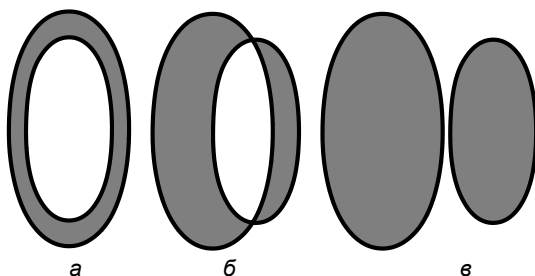


Рис. 2.4.8. Влияние взаимного расположения ветвей соединенной линии на отображение заливки

ПРИМЕЧАНИЕ

Там, где ветви пересекаются, заливка отсутствует — если полученную фигуру положить поверх других графических объектов, они будут видны сквозь получившееся "отверстие".

Если в одной точке перекрывается более двух ветвей одной соединенной кривой, заливка отображается в ней только когда число перекрывающихся ветвей нечетное (рис. 2.4.9).

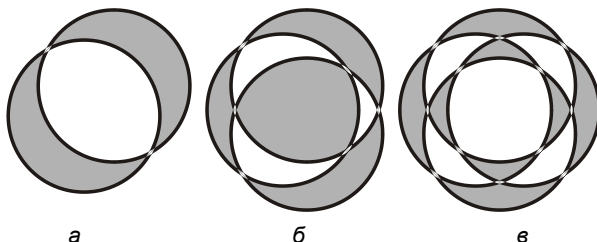


Рис. 2.4.9. Перекрывание ветвей соединенной линии и отображение заливки

Фигуры, представленные на рис. 2.4.9, были построены следующим образом. Вначале построили окружность, затем — ее копию (путем поворота исходной окружности на 90° относительно точки, расположенной ниже ее центра, рис. 2.4.9, *а*). Полученную копию повернули, продублировав сначала один раз (рис. 2.4.9, *б*), затем еще раз (рис. 2.4.9, *в*). После этого две, три и четыре линии соединили, и назначили им однородную заливку. В варианте на рис. 2.4.9, *а* заливки в центре фигуры нет, поскольку там перекрываются две ветви (четное число). На рис. 2.4.9, *б* заливка в центре фигуры есть, поскольку там перекрываются три ветви (нечетное число). На рис. 2.4.9, *в* заливка в центре фигуры отсутствует, поскольку там перекрываются четыре ветви (четное число).

Аналогичный принцип действует при назначении заливки линиям с самопересечениями: заливка отображается только там, где замкнутая фигура сама себя не перекрывает или перекрывает четное число раз (рис. 2.4.10).

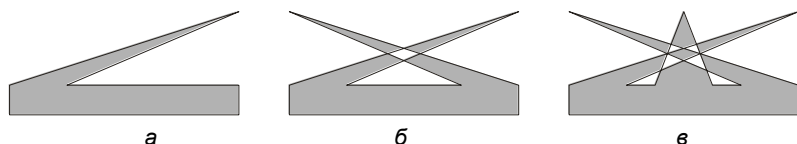


Рис. 2.4.10. Заливка самопересекающейся фигуры

ПРИМЕЧАНИЕ

Представленная на рис. 2.4.10 фигура была построена следующим образом. Вначале построили прямоугольник. Затем преобразовали его в линии. После этого в верхнем горизонтальном сегменте добавили семь новых узлов. Затем второй слева узел переместили вправо вверх (рис. 2.4.10, *а*). После этого второй справа узел переместили влево вверх (рис. 2.4.10, *б*). В завершение средний узел переместили вертикально вверх (рис. 2.4.10, *в*). Так получилась фигура с двойными и тройным самопересечениями.

В большинстве случаев заливка отображается только внутри замкнутых линий или замкнутых ветвей составных линий. Но когда в составе составной линии имеются и замкнутые, и незамкнутые ветви, заливка отображается на всех ветвях линии (рис. 2.4.11).

На рис. 2.4.11, *а* составная линия включает две замкнутые ветви, и заливка отображается там, где они не перекрываются. На рис. 2.4.11, *б* одна из ветвей не замкнута (это видно по обводке), но заливка все равно отображается, т. к. незамкнутая ветвь условно замыкается прямолинейным сегментом. Если в составной линии нет замкнутых ветвей, то заливка не отображается (рис. 2.4.11, *в*).

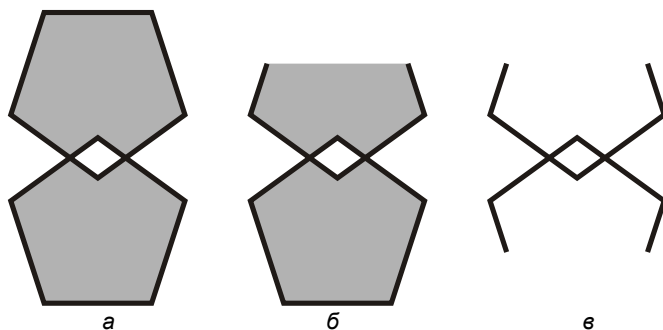


Рис. 2.4.11. Замкнутость ветвей составной линии и заливка

2.4.3. Градиентная и сетчатая заливки

В некоторых случаях однородной заливки недостаточно для реализации творческого замысла, или ее применение сопряжено с чересчур большими затратами труда. Тогда применяются специальные заливки, в которых цвет точек заливаемой области определяется в соответствии с той или иной закономерностью. В градиентных и сетчатых заливках такая закономерность фиксируется с помощью управляющих схем (см. разд. 2.3.1), задающих местоположение и цвет "опорных фигур", в которых цвет заливки фиксируется, а в промежутках между опорными фигурами цвет плавно меняется, "перетекает".

ПРИМЕЧАНИЕ

В полиграфии градиентные заливки называются цветовыми растяжками.

Роль "опорных фигур" в градиентных заливках могут играть точки, отрезки прямых, квадраты, окружности и их дуги. Расположение этих фигур зависит от типа градиентной заливки и фиксируется ее управляющей схемой. В сетчатой заливке цвет фиксируется в точках, являющихся узлами сетки.

Градиентные заливки

Градиентные заливки в графических проектах часто служат для имитации бликов и светотеневой картины. Современные графические редакторы предоставляют пользователям четыре типа градиентных заливок:

- ☐ линейную;
- ☐ радиальную;
- ☐ коническую;
- ☐ квадратную.

Атрибутов у градиентных заливок намного больше, чем у однородной, поэтому пользователям приходится задавать их значения либо с помощью диалоговых окон и панелей инструментов (способом параметризации), либо с помощью интерактивных инструментов, воздействующих на управляющую схему заливки. Как уже отмечалось, управляющая схема — это совокупность графических элементов, манипулируя которыми с помощью мыши или другого устройства указания можно изменять внешний вид заливки.

Линейная градиентная заливка

Линейной называется градиентная заливка, в которой цвет неизменен вдоль опорных линий, представляющих собой отрезки прямых, и любой прямой, параллельной им. Управляющая схема линейной градиентной заливки представлена на рис. 2.4.12.

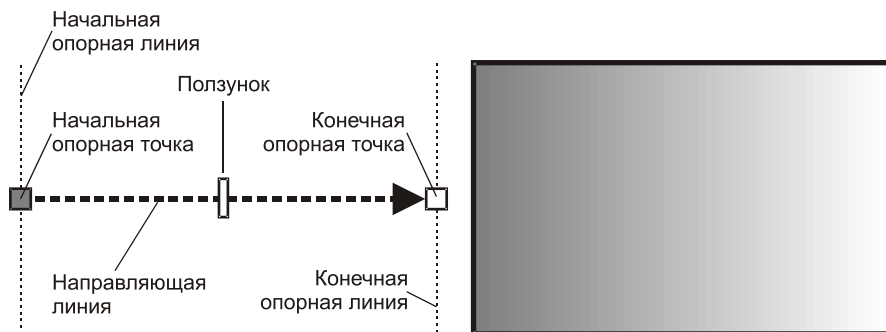


Рис. 2.4.12. Управляющая схема линейной градиентной заливки

Основной элемент управляющей схемы заливки — *направляющая линия* — задает направление, вдоль которого меняется цвет заливки. На краях направляющей линии располагаются *опорные точки*, фиксирующие местоположение опорных линий и цвета, начинающие и заканчивающие заливку. Цвета определяют с помощью палитр или диалоговых окон способом параметризации.

ПРИМЕЧАНИЕ

Линейная градиентная заливка представляет собой монохроматическую шкалу (см. разд. 1.3.3), наложенную на заливаемую фигуру. Базовыми цветами шкалы служат цвета опорных точек.

Вдоль направляющей линии может перемещаться *ползунок средней точки* — элемент, определяющий местоположение в градиентной заливке цвета, получен-

ного при смешении цветов опорных точек в равной пропорции. На рис. 2.4.13 проиллюстрировано влияние его положения на направляющей линии на скорость смены цвета градиентной заливки вдоль нее.

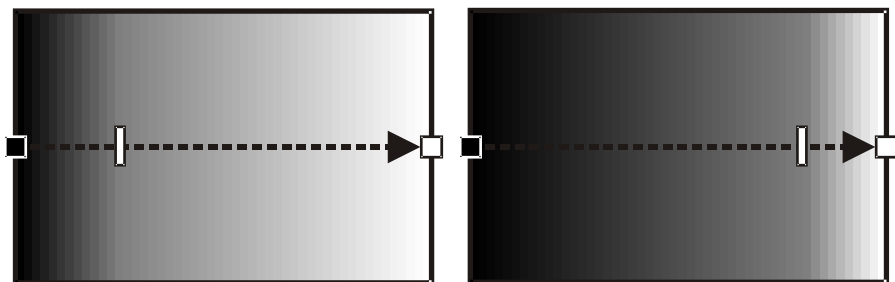


Рис. 2.4.13. Влияние положения ползунка на вид линейной градиентной заливки

ПРИМЕЧАНИЕ

В монохроматической шкале с черным и белым базовыми цветами положение ползунка фиксирует место нейтрального серого цвета. При фиксации в опорных точках пары хроматических базовых цветов возможен выбор алгоритма смены цвета вдоль направляющей линии — например, с сохранением насыщенности (см. разд. 1.3.7).

Описанная управляющая схема соответствует так называемой стандартной градиентной заливке. *Стандартной* называют градиентную заливку, при формировании которой используются только две опорные точки (и, соответственно, только два цвета). Градиентные заливки, в которых задаются более двух опорных точек, называют *заказными*. В управляющей схеме заказной градиентной заливки ползунки отсутствуют, зато на направляющей линии фиксируется местоположение одной или нескольких промежуточных опорных точек (рис. 2.4.14).

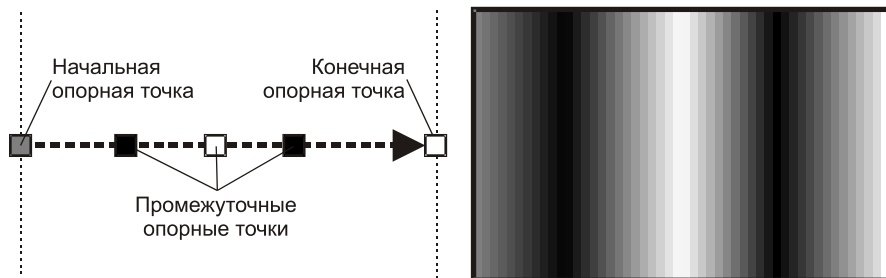


Рис. 2.4.14. Заказная линейная градиентная заливка

Цветовой переход в линейной градиентной заливке строится только в промежутке между двумя опорными линиями. За пределами этой полосы цвет градиентной заливки определяется цветом соответствующей краевой опорной точки. Поскольку краевые опорные точки могут находиться и за пределами линии, ограничивающей заливаемую фигуру, цвет опорной точки может и не присутствовать в градиентной заливке. С другой стороны, если краевые опорные точки лежат внутри заливаемой фигуры, часть ее может быть закрашена однородно.

Направляющая линия задает направление, вдоль которого изменяется цвет. В большинстве случаев, для изменения этого направления перемещают краевые опорные точки — остальные элементы управляющей схемы при этом перемещаются соответствующим образом (рис. 2.4.15).

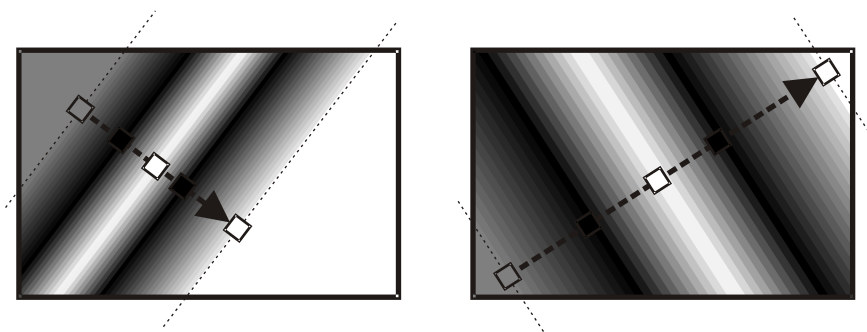


Рис. 2.4.15. Влияние размещения начальной и конечной опорных точек относительно заливаемого объекта на внешний вид линейной градиентной заливки

В некоторых случаях градиентные заливки предусматривают еще один управляющий параметр — *ширину краевой зоны*, которая определяет, на каком расстоянии от опорных точек цвет заливки не должен меняться. Обычно ширину задают в процентах от расстояния до соседней опорной точки. При ненулевом значении в градиентной заливке в окрестностях опорных точек образуются полосы, в которых цвет не меняется.

Радиальная градиентная заливка

Радиальной называется градиентная заливка, в которой цвет неизменен вдоль опорных линий, представляющих собой концентрические окружности. Управляющая схема радиальной градиентной заливки приведена на рис. 2.4.16.

В управляющей схеме радиальной градиентной заливки начальная опорная линия отсутствует (она вырождена в точку). Остальные элементы схемы

выполняют те же функции, что в схеме линейной градиентной заливки. За пределами опорной линии все точки радиальной градиентной заливки имеют один и тот же цвет.

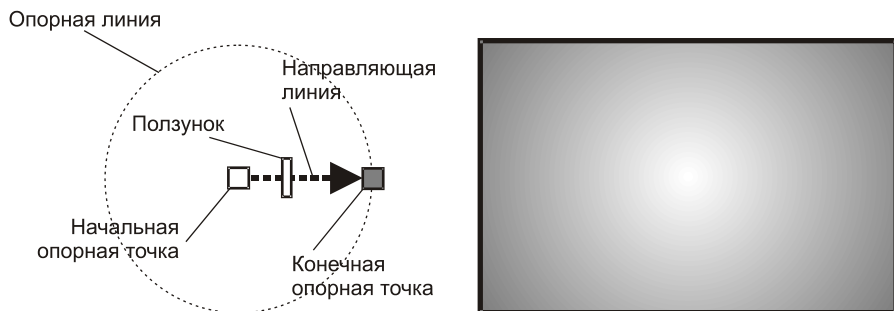


Рис. 2.4.16. Управляющая схема радиальной градиентной заливки

Так же, как в линейной градиентной заливке, и начальная, и конечная опорные точки могут располагаться относительно заливаемой фигуры произвольным образом. Заказные радиальные заливки создаются тем же способом: новые опорные точки располагаются на направляющей линии (рис. 2.4.17).

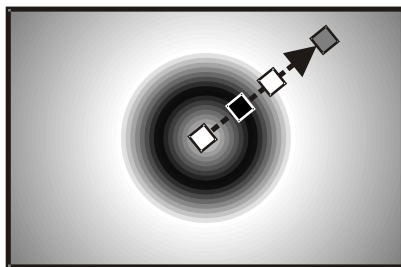


Рис. 2.4.17. Заказная радиальная градиентная заливка

Коническая градиентная заливка

Конической называется градиентная заливка, в которой цвет неизменен вдоль опорных линий, представляющих собой радиусы окружности. Управляющая схема радиальной градиентной заливки представлена на рис. 2.4.18.

Направляющая линия управляющей схемы конической градиентной заливки представляет собой половину окружности, в центре которой располагается *маркер центра заливки*, а длина радиуса определяется местоположением начальной опорной точки.

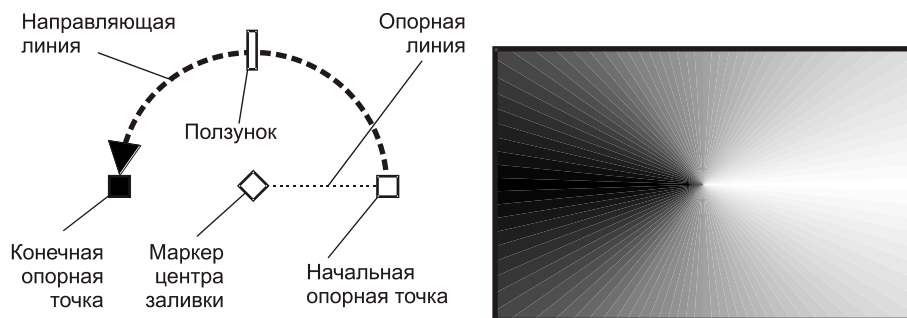


Рис. 2.4.18. Управляющая схема конической градиентной заливки

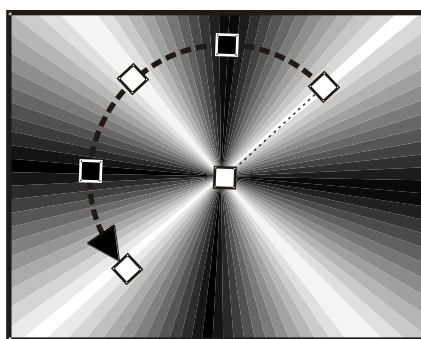


Рис. 2.4.19. Заказная коническая градиентная заливка

В заказной конической градиентной заливке, так же, как в линейной и радиальной, опорные точки располагаются вдоль направляющей линии (рис. 2.4.19).

Квадратная градиентная заливка

Квадратной называется градиентная заливка, в которой цвет неизменен вдоль опорных линий, представляющих собой концентрические квадраты. Управляющая схема квадратной градиентной заливки приведена на рис. 2.4.20.

Квадратная градиентная заливка аналогична радиальной и отличается от нее всего в двух аспектах. Во-первых, у нее опорная линия представляет собой не окружность, а квадрат. Во-вторых, у радиальной градиентной заливки изменение наклона направляющей линии не приводит к видимым изменениям заливки, а у квадратной заливки это действие существенно меняет ее вид. Заказные квадратные градиентные заливки строятся так же, как и радиальные (рис. 2.4.21).

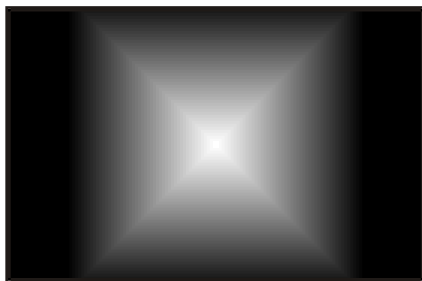
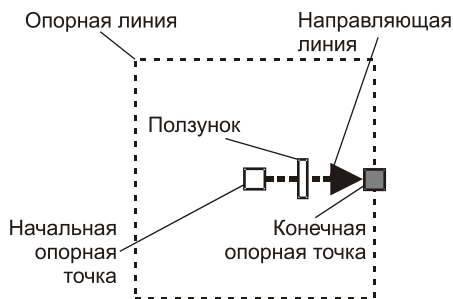


Рис. 2.4.20. Управляющая схема квадратной градиентной заливки

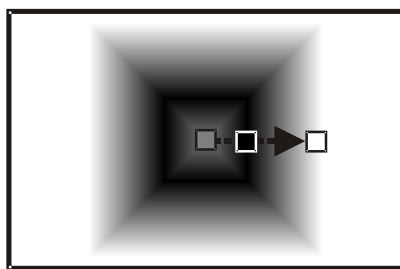


Рис. 2.4.21. Заказная квадратная градиентная заливка

В заключение отметим, что качественное воспроизведение градиентных заливок на печатающем устройстве представляет определенные сложности, поэтому в реализации этих заливок в различных программах векторной графики предусмотрены дополнительные атрибуты для тонкой настройки процессов построения и вывода на печать.

Сетчатая заливка

Сетчатые заливки — инструмент, предоставляющий пользователю мощные и гибкие приемы работы. Воспроизведение эффекта сетчатой заливки с помощью других средств векторной графики требует трудоемких и кропотливых действий.

В простейшем случае можно считать, что при построении сетчатой заливки поверх исходного объекта накладывается сетка, состоящая из соединенных линиями опорных точек (заранее заданного числа "рядов" и "столбцов"). Опорные точки, расположенные в местах пересечения линий сетки, очень похожи на узлы линии. Но в управляющей сетке сетчатой заливки узлы, лежащие на пересечениях линий сетки, позиционно связаны друг с другом: их нельзя

перемещать отдельно, только вместе, и одной опорной точке всегда соответствуют два узла.

Из-за этого, в зависимости от расположения опорной точки в управляющей сетке, может показаться, что в нее входят два, три или четыре сегмента (прямолинейных или криволинейных). На самом деле, поскольку в каждой точке пересечения линий сетки (опорной точке сетчатой заливки) расположено по два узла, информационная модель узла линии при этом остается неизменной (см. разд. 2.3.1).

Перемещая опорные точки сетки, можно менять ее форму, а воздействуя на направляющие рукоятки узлов, — направление составляющих ее линий. Каждой паре опорных точек сетки соответствует цветовой переход, аналогичный линейной градиентной заливке. При этом направляющая линия этого перехода совпадает с сегментом сетки, соединяющей опорные точки. Для каждой опорной точки можно задать свой цвет (рис. 2.4.22).

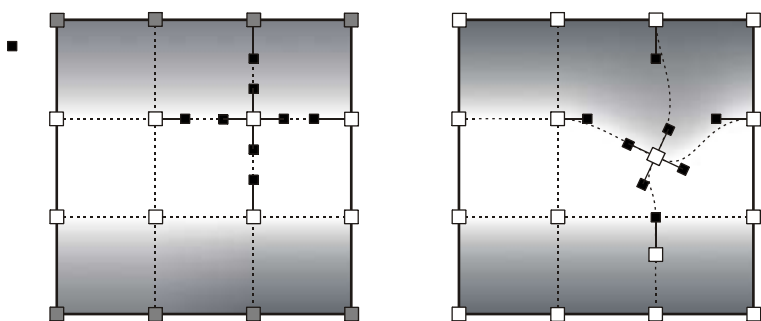


Рис. 2.4.22. Сетчатая заливка в исходном варианте (слева) и после смещения узла и поворота его направляющих рукояток (справа)

Цвета назначаются опорным точкам теми же способами, что и опорным точкам градиентных заливок. Перемещение опорных точек и манипулирование их направляющими рукоятками выполняется аналогично редактированию линии (см. разд. 2.3.1).

2.4.4. Заливки узором

В категорию заливок узором входят декоративные заливки, построенные на основе заранее сделанных заготовок. Основа любой из этих заготовок — *раппорт* — фрагмент изображения, размножением которого и формируется заливка. Основное свойство раппорта — *самосовмещаемость* — означает, что при составлении двух экземпляров раппорта в ряд по горизонтали (или

в столбец по вертикали) обрезанные краем раппорта части изображения совмещаются.

Заливка замкнутых графических объектов узором аналогична укладке кафеля с рисунком. При этом возникает проблема: как поступить с фрагментами на краях заливаемого объекта? Решается она так же, как при укладке кафеля — выступающие части изображения просто отбрасываются.

В зависимости от выбранной цветовой модели различают штриховые и полноцветные заливки с узором. Как правило, в комплект поставки векторных графических редакторов включают библиотеки раппортов: штриховых, полноцветных векторных и полноцветных пиксельных. Эти библиотеки можно пополнять, добавляя в них новые раппорты.

Заливки с узором чаще всего назначают способом параметризации с помощью диалоговых окон и панелей инструментов, но можно задать параметры такой заливки и с помощью интерактивного инструмента и управляющей схемы.

Заливки штриховым узором

Для этой заливки задаются значения нижеприведенных атрибутов.

- ☐ Тип раппорта (выбирается из библиотеки).
- ☐ Размеры раппорта по горизонтали и вертикали.
- ☐ Цвета фона и переднего плана.
- ☐ Смещение координат точки, с которой начинается тиражирование раппорта, от левого нижнего угла заливаемой фигуры.
- ☐ Смещение каждого последующего столбца (или ряда) раппортов относительно предыдущего.

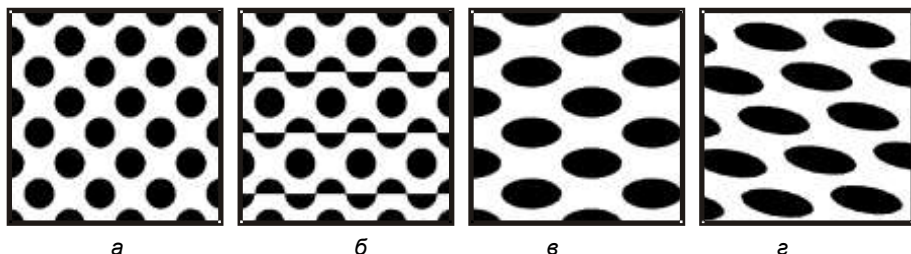


Рис. 2.4.23. Заливка штриховым узором: а — значения атрибутов по умолчанию; б — смещена начальная точка и задано смещение рядов на половину размера раппорта; в — масштабирование по горизонтали; з — скос по горизонтали

- ☐ Коэффициенты масштабного преобразования раппорта.
- ☐ Угол поворота раппорта.
- ☐ Величина скоса раппорта.
- ☐ Режим масштабирования заливки вместе с залитым объектом.

На рис. 2.4.23 представлены варианты заливки квадрата одним и тем же штриховым раппортом с различными значениями атрибутов заливки узором.

Заливки векторным или пиксельным полноцветным узором

Отличие этой заливки от рассмотренной ранее состоит только в том, что цвета фона и переднего плана не назначаются. И, конечно, раппорт выбирается из другой библиотеки.

На рис. 2.4.24 представлены варианты заливки квадрата одним и тем же полноцветным раппортом с различными значениями атрибутов заливки узором.

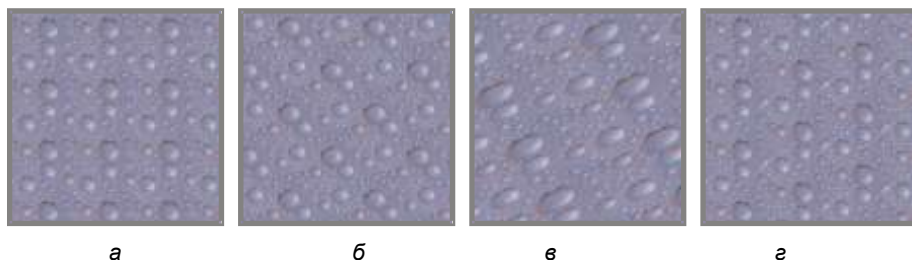


Рис. 2.4.24. Заливка пиксельным полноцветным узором:
а — значения атрибутов по умолчанию; б — раппорт развернут на 45°;
в — скос по горизонтали; г — смещение столбцов

Отличие векторного и пиксельного раппортов состоит в том, что первый можно преобразовывать совместно с залитым объектом без ограничений, тогда как при масштабировании второго возникает целый ряд проблем (см. разд. 1.2.4).

Заливки PostScript

В составе языка PostScript имеется несколько десятков параметрических узоров для заливки объектов, каждый со своим названием и номенклатурой атрибутов. Узоры представляют собой цветные и монохромные изображения, формирующиеся при выводе на печать по индивидуальным математическим

моделям. На рис. 2.4.25 представлены варианты заливки квадрата одним из таких узоров (Archimedes).

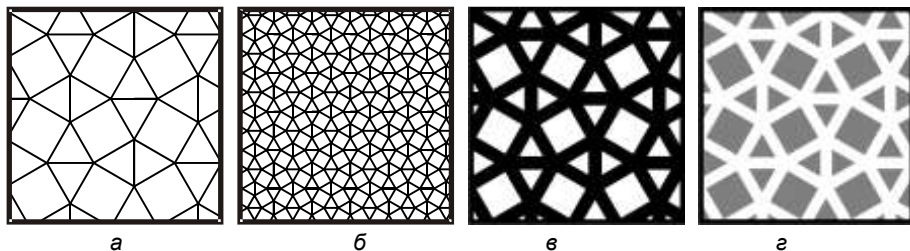


Рис. 2.4.25. Заливка узором PostScript: *а* — значения атрибутов по умолчанию; *б* — увеличена частота; *в* — увеличена ширина линии; *г* — изменены цвета

Текстурные заливки

Текстурной заливкой называется заполнение замкнутой фигуры пиксельным изображением, которое формируется не повторением раппорта, а расчетом по алгоритмической модели. Они аналогичны заливкам узором PostScript, за исключением того, что формируются не в момент вывода на печать, а в процессе назначения.

Основные атрибуты текстурной заливки — имя модели и номер текстуры. Использование различных текстур в рамках одной алгоритмической модели дает сильно отличающиеся друг от друга результаты, выбор одной и той же текстуры всегда приводит к построению одинакового узора заливки. Алгоритмические модели, так же как раппорты, сведены в библиотеки, входящие в комплект поставки векторных графических редакторов и поставляющиеся отдельно.

На рис. 2.4.26 представлены варианты текстурной заливки, полученные с помощью одной алгоритмической модели (Curtain).

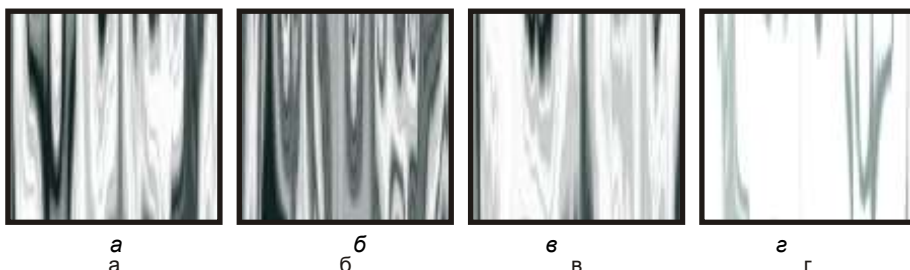


Рис. 2.4.26. Текстурная заливка: *а* — значения атрибутов по умолчанию; *б* — заменен номер текстуры; *в* — уменьшена частота; *г* — изменена яркость

Список новых терминов

- ☐ Обводка
- ☐ Заливка
- ☐ Толщина обводки
- ☐ Пункт
- ☐ Вид обводки (стиль)
- ☐ Завершитель
- ☐ Срез
- ☐ Закругление
- ☐ Квадрат
- ☐ Угол
- ☐ Наконечник обводки
- ☐ Масштабируемость толщины обводки
- ☐ Отделение обводки
- ☐ Однородная заливка
- ☐ Градиентная заливка
- ☐ Сетчатая заливка
- ☐ Линейная градиентная заливка
- ☐ Направляющая линия
- ☐ Опорная точка
- ☐ Ширина краевой зоны
- ☐ Радиальная градиентная заливка
- ☐ Коническая градиентная заливка
- ☐ Квадратная градиентная заливка
- ☐ Маркер центра заливки
- ☐ Сетчатая заливка
- ☐ Раппорт
- ☐ Заливка узором
- ☐ Текстурированная заливка

Контрольные вопросы

1. Что такое метафора обводки?
2. Каковы основные атрибуты, определяющие внешний вид обводки?
3. Каким образом и в каких единицах измеряется толщина обводки?
4. Как располагается обводка относительно обводимой линии?
5. Как задается стиль обводки?
6. Почему штрихи пунктирной линии с обводкой толщиной 4 пункта длиннее штрихов пунктирной линии с обводкой толщиной 2 пункта?
7. Для чего необходимы различные типы завершителей обводки?
8. Почему завершители обводки на всех незамкнутых ветвях составной линии выглядят одинаково?
9. Чем различаются типы углов обводки?
10. Для чего используются наконечники обводки?
11. Что такое заказной наконечник обводки?
12. Каким образом избежать деформирования обводки фигур при масштабном преобразовании?
13. В чем состоит операция отделения обводки?
14. Для каких целей прибегают к настройке атрибутов формы пишущего инструмента?
15. Каковы особенности отображения заливки соединенной линии?
16. Как отображается заливка замкнутых фигур с самопересечением?
17. В каких случаях отображается заливка незамкнутых ветвей соединенных линий?
18. В чем основное отличие градиентной заливки от однородной?
19. Для чего предназначена управляющая схема градиентной заливки?
20. В соответствии с какой закономерностью меняется цвет в линейной градиентной заливке?
21. Какую роль играет в управляющей схеме градиентной заливки направляющая линия?
22. Какую роль играет в управляющей схеме градиентной заливки ползунок средней точки?

23. Какую роль играют в управляющей схеме градиентной заливки опорные точки?
24. Чем заказная градиентная заливка отличается от стандартной?
25. Какие части фигуры, для которой назначена градиентная заливка, могут быть закрашены однородно?
26. Что представляет собой краевая зона градиентной заливки?
27. В соответствии с какой закономерностью меняется цвет в радиальной градиентной заливке?
28. Почему на управляющей схеме радиальной градиентной заливки имеется только одна опорная линия?
29. В соответствии с какой закономерностью меняется цвет в конической градиентной заливке?
30. Какую форму имеет направляющая линия в управляющей схеме конической градиентной заливки?
31. В соответствии с какой закономерностью меняется цвет в квадратной градиентной заливке?
32. Почему изменение наклона направляющей линии управляющей схемы квадратной градиентной заливки приводит к изменению внешнего вида заливки?
33. Чем сетчатая заливка отличается от градиентной?
34. Каково назначение сетки сетчатой заливки?
35. Сколько направляющих рукояток может быть у опорной точки сетчатой заливки?
36. Что представляет собой раппорт?
37. Какую роль в заливках узором играет свойство самосовмещаемости раппорта?
38. Чем отличаются заливки полноцветным и штриховым узором?
39. Какой тип заливок полноцветным узором не искажается при масштабировании?
40. На каком этапе работы над графическим проектом строится окончательный вариант заливки узором PostScript?
41. Что представляет собой текстурная заливка?
42. Будут ли совпадать текстурные заливки, построенные с использованием одной и той же текстуры, но различных алгоритмических моделей?

Темы для обсуждения

1. Изобразительные возможности обводки в работе над графическими проектами.
2. Задачи, требующие отделения обводки.
3. Изобразительные возможности однородной заливки в работе над графическими проектами.
4. Изобразительные возможности градиентных заливок в работе над графическими проектами.
5. Изобразительные возможности сетчатой заливки в работе над графическими проектами.
6. Изобразительные возможности заливки штриховым узором в работе над графическими проектами.
7. Изобразительные возможности заливки полноцветным узором в работе над графическими проектами.
8. Изобразительные возможности текстурной заливки в работе над графическими проектами.

2.5. Информационная модель векторного текста

Текст играет огромную роль в подавляющем большинстве графических проектов. При этом в отличие от документа, подготовленного с помощью текстового процессора, в графическом проекте важную роль играет не только семантика текста (информация, которую кодирует последовательность символов), но и его внешний вид (форма символов, их цвет и взаимное расположение). Из-за этого различия в векторной графике приняты не одна, а две информационные модели текста, соответствующие двум различным классам текстовых объектов, во многом различающимся как по набору специфических атрибутов, так и по методам работы с ними.

В этой главе рассматриваются атрибуты и методы графических объектов, принадлежащих к классам *фигурного* и *простого* текста.

2.5.1. Фигурный текст

Экземпляры класса "фигурный текст" используются в графических проектах для представления небольших по объему текстов, называемых блоками фигурного текста. Их основная особенность состоит в том, что при выполнении над ними преобразований изменяется форма как текста в целом (блока), так и его символов.

Блок фигурного текста (далее для простоты будем называть его просто фигурным текстом) представляет собой многоуровневый соединенный объект.

ПРИМЕЧАНИЕ

При выполнении операции разъединения (см. разд. 2.3.4) над одноуровневым соединенным объектом получаются несоединенные объекты, при разъединении многоуровневого соединенного объекта получаются как несоединенные, так и соединенные объекты.

Это означает, что после применения операции разъединения к фигурному тексту образуется совокупность текстов, каждый из которых соответствует

строке разъединенного фигурного текста. После разъединения строки получается несколько *слов*. Разъединение слова дает несколько *символов*. Фигурный текст, состоящий из одного символа, — это уже не многоуровневый, а одноуровневый соединенный объект, и после его разъединения получаются уже не фигурные тексты, а линии. Структурная организация уровней фигурного текста представлена на рис. 2.5.1.

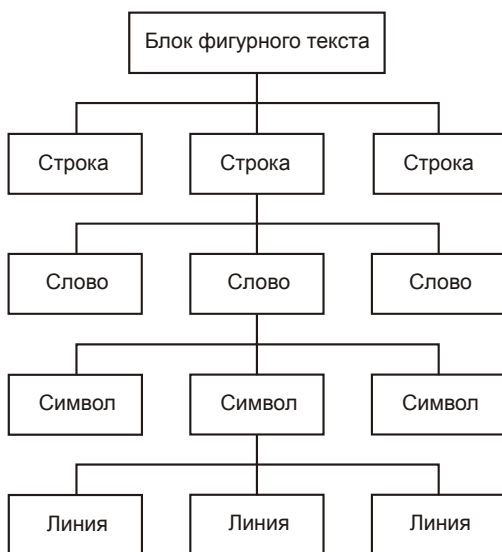


Рис. 2.5.1. Уровни соединения фигурного текста

Строка фигурного текста — составная структурная единица текста, представляющая собой последовательность символов, заканчивающуюся служебным символом перевода строки или конца абзаца.

Слово — составная структурная единица текста, представляющая собой последовательность символов, заканчивающуюся пробелом, знаком препинания или служебными символами конца строки.

Символ — элементарная структурная единица текста, представляющая собой единственный знак — графему.

ПРИМЕЧАНИЕ

У некоторых служебных символов в стандартном режиме воспроизведения графема отсутствует, например, у символа табуляции. В режиме воспроизведения текста со служебными символами последним сопоставляются специальные графемы.

К фигурным текстам может применяться и операция соединения (см. разд. 2.3.4), в результате которой получается многоуровневый соединенный объект класса "фигурный текст".

2.5.2. Атрибуты фигурного текста

Атрибуты текстовых объектов иногда называют атрибутами текстового форматирования. Их номенклатура в практике полиграфии сложилась задолго до появления программ компьютерной графики. Некоторые атрибуты можно задавать отдельно для каждого символа (атрибуты форматирования символов):

- ☐ Гарнитура.
- ☐ Кегль.
- ☐ Начертание.
- ☐ Подчеркивание.
- ☐ Регистр.
- ☐ Индекс.
- ☐ Смещение.

Другие атрибуты задаются только для блока фигурного текста в целом (атрибуты форматирования абзаца):

- ☐ Выравнивание.
- ☐ Интерлиньяж.
- ☐ Трекинг.

ПРИМЕЧАНИЕ

Понятие абзаца рассматривается в разд. 2.5.3. Для фигурного текста оно не определено, а список атрибутов форматирования абзаца ограничен.

Гарнитура

Гарнитурой называется рисунок полного набора символов алфавита, разработанный художником-шрифтовиком. В наборе символов (алфавите) каждому символу соответствует номер. В гарнитуре векторные изображения, соответствующие символам, также имеют порядковые номера. В текстовых гарнитурах одинаковым номерам соответствуют одинаковые символы, поэтому назначение различных гарнитур одному тексту приводит к отображению этого текста одними и теми же буквами разного рисунка. Кроме текстовых в компьютерной графике широко распространены гарнитуры графических симво-

лов, в которых номерам соответствуют уже не изображения букв и знаков, а графические фрагменты.

ПРИМЕЧАНИЕ

Наиболее известная гарнитура графических символов называется Windings. В ней слово ГРАФИКА выглядит так: .

У всех гарнитур имеются собственные имена, по которым они и различаются. Чтобы воспользоваться некоторой гарнитурой, она должна быть стандартным образом установлена в операционной системе. Гарнитуры — это объекты авторского права, они поставляются в комплектах операционных систем, графических программ, а также продаются и лицензируются отдельно.

Кегль

Кеглем называется высота символов текста в пунктах. В эту высоту включают просвет над рисунком символа, предусмотренный разработчиком шрифта, из-за чего символы одинакового кегля из различных гарнитур могут оказаться разной высоты.

На рис. 2.5.2 представлено влияние выбора гарнитуры и кегля на внешний вид текста.



Рис. 2.5.2. Влияние гарнитуры и кегля на вид фигурного текста

Начертание

Начертание — модификация рисунка символов гарнитуры за счет изменения толщины штрихов и их наклона. Каждому начертанию соответствует отдельный рисунок символов, поэтому число начертаний в различных гарнитурах различно (в пределах от одного до двенадцати).

По характеру изменений основного рисунка гарнитуры начертания подразделяются на прямые и курсивные (в последних символы наклонены вправо). Еще одна классификация начертаний связана с соотношением толщины штрихов и размером внутреннего просвета. В соответствии с ней говорят о сверхлегком, легком, обычном, тяжелом и сверхтяжелом начертании — чем тяжелее начертание, тем толще штрихи рисунка.

Стандартными начертаниями считают обычное (Normal), курсивное (Italic), полужирное (Bold) и полужирное курсивное (Bold-Italic).

ПРИМЕЧАНИЕ

Во многих программах компьютерной графики имеется возможность имитации стандартных начертаний. Это обусловлено тем, что гарнитуры, как правило, содержат в себе только одно (обычное или курсивное) начертание. Конечно, рисунок символов, полученных методом имитации, не будет в точности совпадать с истинным начертанием (если оно существует), но достаточно близок к нему.

На рис. 2.5.3 представлены стандартные начертания гарнитуры Arial.

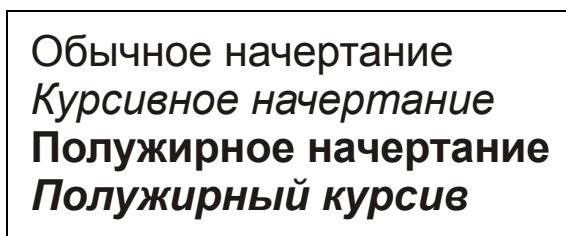


Рис. 2.5.3. Влияние начертания на вид фигурного текста

Подчеркивание

С помощью атрибутов подчеркивания задается наличие и вид линий, подчеркивающих, зачеркивающих или надчеркивающих символы текста. В атрибуты этой группы входят признак наличия, тип линии и режим подчеркивания/пропуска пробелов.

Регистр

Атрибут *регистра* управляет форматированием регистра. С его помощью текст может быть отображен как *капитель* или *капитализирован*. *Капителью* называется результат преобразования строчных символов текста в прописные без изменения их высоты. Слово ГРАФИКА написано с прописной буквы

и преобразовано в капитель. *Капитализацией* называется результат преобразования строчных символов текста в прописные той же гарнитуры без изменения их кегля. Слово КОМПЬЮТЕРНАЯ написано строчными буквами и капитализировано.

Индекс

Атрибут *индекса* управляет форматированием индекса. С его помощью текст может быть отображен в виде верхнего (например, a^2) или нижнего (CO_2) индексов. Преобразование в индекс включает в себя уменьшение кегля и смещение преобразованных символов по вертикали вверх или вниз относительно базовой линии строки текста.

ПРИМЕЧАНИЕ

Базовой линией называется отрезок прямой, с которым совмещаются основания символов, составляющих строку текста, без учета подстрочных элементов (таких, как, например, самый правый штрих у буквы Щ).

Форматирование индекса представляет собой упрощенный вариант смещения символов.

Смещение символов

В эту группу атрибутов текста входят три значения, управляющих смещением символов относительно базовой линии и их разворотом: *горизонтальное*, *вертикальное* и *угловое смещения*. Значения этих атрибутов управляют смещением символов фигурного текста относительно их стандартного положения. Смещения по горизонтали и вертикали задаются в процентах от кегля текста, угловое — в градусах. На рис. 2.5.4 в верхней строке несколько символов смещены по вертикали, в средней — по горизонтали, в нижней — один символ развернут на 120° и смещен по горизонтали и вертикали.

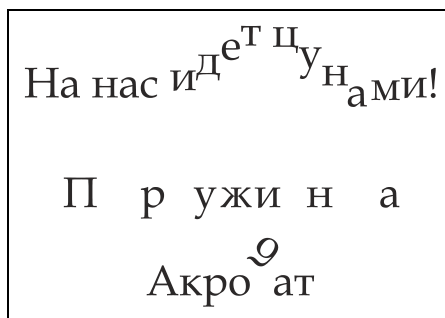


Рис. 2.5.4. Влияние смещения символов на вид фигурного текста

Выравнивание

Выравнивание — атрибут форматирования текста, определяющий, каким образом слова будут размещаться вдоль строк. Для этой операции форматирования важна величина ширины полосы набора.

ПРИМЕЧАНИЕ

Полосой набора называется предназначенная для размещения текста область, ограниченная параллельными линиями, между которыми по перпендикулярным им базовым линиям размещаются строки текста.

При работе с блоками фигурного текста шириной полосы набора является длина самой длинной строки, входящей в этот блок.

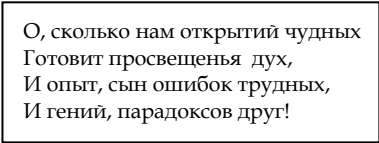
Выравнивание может выполняться в одном из шести вариантов.

Без выравнивания

В этом варианте (несмотря на его название) слова выравниваются по левому краю блока, но при задании отрицательного горизонтального смещения отдельных символов (*см. ранее*) можно вывести эти символы за левый край полосы набора.

Выравнивание по левому краю

Слова выравниваются по левому краю полосы набора (рис. 2.5.5). Если задано смещение отдельных символов влево, то их сдвиг выполняется не далее, чем до левого края полосы набора. Дальнейшее увеличение смещения символов влево приводит к сдвигу вправо остальной части строки.

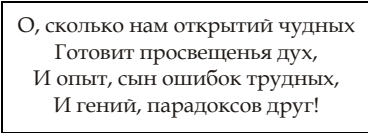


О, сколько нам открытий чудных
Готовит просвещения дух,
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг!

Рис. 2.5.5. Выравнивание фигурного текста по левому краю

Выравнивание по середине

При этом слова выравниваются таким образом, чтобы середины всех строк блока фигурного текста совмещались с вертикальной воображаемой линией, делящей полосу набора пополам (рис. 2.5.6).

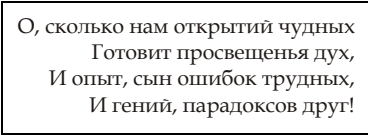


О, сколько нам открытий чудных
Готовит просвещения дух,
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг!

Рис. 2.5.6. Выравнивание фигурного текста по середине

Выравнивание по правому краю

В этом варианте слова выравниваются по правому краю полосы набора (рис. 2.5.7). Если задано смещение отдельных символов вправо, то оно выполняется не далее, чем до правого края полосы набора. Дальнейшее увеличение смещения символов вправо приводит к сдвигу влево остальной части строки.

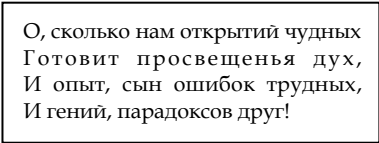


О, сколько нам открытий чудных
Готовит просвещения дух,
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг!

Рис. 2.5.7. Выравнивание фигурного текста по правому краю

Выравнивание по ширине

Слова располагаются по ширине полосы набора таким образом, что первый символ каждой строки совмещается с левым краем полосы, а последний символ каждой строки совмещается с ее правым краем (рис. 2.5.8). Равномерность размещения символов вдоль строки достигается за счет изменения ширины пробелов между словами и просветов между символами. Последняя строка блока фигурного текста выравнивается по левому краю во избежание ее чрезмерного растяжения.



О, сколько нам открытий чудных
Готовит просвещения дух,
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг!

Рис. 2.5.8. Выравнивание фигурного текста по ширине

ПРИМЕЧАНИЕ

В некоторых программах векторной компьютерной графики при выравнивании по ширине последняя строка выравнивается влево только тогда, когда она состоит только из одного слова.

Полное выравнивание по ширине

В этом варианте слова располагаются по ширине полосы набора так же, как в предыдущем, но для последней строки не делается исключений (рис. 2.5.9).

О, сколько нам открытий чудных Готовит просвещения дух, И опыт, сын ошибок трудных, И гений, парадоксов друг!
--

Рис. 2.5.9. Полное выравнивание фигурного текста по ширине

Интерлиньяж

Интерлиньяж — атрибут форматирования текста, управляющий расстоянием между базовыми линиями смежных строк. Измеряется либо в абсолютных значениях (расстояние задается в пунктах), либо — в относительных (расстояние задается в процентах от кегля, которым набран текст). По умолчанию интерлиньяж устанавливается равным 100% кегля. Это обусловлено тем, что рисунок гарнитуры предусматривает свободное пространство над символами, которое обеспечивает оптимальное с точки зрения разработчика гарнитуры межстрочное расстояние. Но в практике работы с текстами для малых кеглей это расстояние часто увеличивают (обычно до 120%), а для больших — иногда уменьшают. На рис. 2.5.10 представлено два варианта интерлиньяжа: слева его значение равно 100%, справа — 120%.

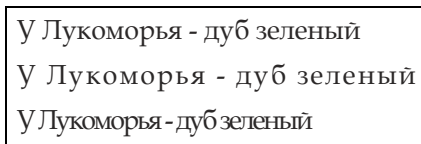
Люблю тебя, Петра творенье, Люблю твой строгий, Стройный вид.	Люблю тебя, Петра творенье, Люблю твой строгий, Стройный вид.
--	--

Рис. 2.5.10. Влияние интерлиньяжа на вид фигурного текста

Трекинг

Трекингом называется регулирование размера межсловных и межсимвольных расстояний для текста в целом. В группу атрибутов трекинга входят два относительных значения: межсимвольное и межсловное расстояния. Эти значения указывают в процентах от стандартных величин, заданных при разработке

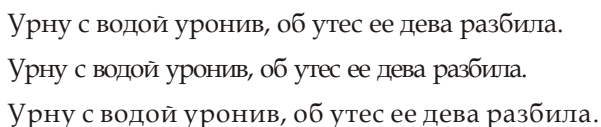
гарнитуры. По умолчанию значение межсимвольного расстояния равно нулю, поскольку рисунок символов предусматривает межсимвольные интервалы. На рис. 2.5.11 в верхней строке межсимвольное расстояние оставлено без изменений, во второй строке уменьшено на 50%, в нижней — увеличено на 50%.



У Лукоморья - дуб зеленый
У Лукоморья - дуб зеленый
УЛукоморья-дубзеленый

Рис. 2.5.11. Влияние атрибута трекинга "межсимвольное расстояние" на вид фигурного текста

По умолчанию значение межсловного расстояния равно 100%. Это означает, что межсловное расстояние равно предусмотренной гарнитурой ширине пробела. Увеличение этого расстояния называется разрядкой и применяется для визуального выделения части текста. На рис. 2.5.12 верхняя строка набрана со стандартными пробелами, в средней строке пробелы увеличены на 50%, в нижней — уменьшены на 50%.



Урну с водой уронив, об утес ее дева разбила.
Урну с водой уронив, об утес ее дева разбила.
Урну с водой уронив, об утес ее дева разбила.

Рис. 2.5.12. Влияние атрибута трекинга "межсловное расстояние" на вид фигурного текста

ПРИМЕЧАНИЕ

Следует помнить о том, что при выравнивании по ширине величины интервалов между символами и словами текста неодинаковы, и их значения не всегда соответствуют стандартным, заданным гарнитурой. Это существенно влияет на результаты трекинга.

2.5.3. Простой текст

Второй класс текстовых объектов векторной модели изображения называется "рамкой простого текста". Он предназначен для представления текстов большого объема. В отличие от фигурного текста, при применении к рамке простого текста какого-либо преобразования, меняется только форма самой рамки, а рисунок символов простого текста не меняется.

Кроме того, рамки *простого текста* могут соединяться между собой в составной объект — *цепочку рамок простого текста*, содержащую единственный текст, как бы "перетекающий" из рамки в рамку. Отдельные рамки, входящие в цепочку, могут располагаться на одной или нескольких страницах многостраничного графического документа. Обычно рамки простого текста представляют собой прямоугольник, но в процессе работы могут принимать произвольную форму. На рис. 2.5.13 изображена цепочка рамок простого текста, связи между которыми показаны тонкими линиями со стрелками.



Рис. 2.5.13. Цепочка рамок простого текста различной формы

Последовательность разъединения цепочки рамок простого текста получается несколько длиннее, чем у блока фигурного текста за счет дополнительной структурной единицы — абзаца. *Абзацем* называется последовательность символов простого текста, начинающаяся с новой строки и заканчивающаяся специальным символом конца абзаца. Последовательность разъединения будет выглядеть следующим образом:

- цепочка рамок простого текста;
- рамки простого текста, содержащие в себе части текста, находившиеся в них до разъединения;
- рамки простого текста, содержащие в себе части текста, соответствующие абзацам;

- ☐ рамки простого текста, содержащие в себе части текста, соответствующие строкам (преобразованным в абзацы);
- ☐ рамки простого текста, содержащие в себе части текста, соответствующие словам (преобразованным в абзацы);
- ☐ рамки простого текста, содержащие в себе части текста, соответствующие символам (преобразованным в абзацы);
- ☐ линии.

Еще одно важное отличие — в простом тексте структурная единица "строка" имеет иной смысл. Здесь автоматически выполняется *свертка текста* — процедура, разделяющая текст на строки не по специальным символам (как в фигурном тексте), а по мере заполнения рамки по ширине. Поэтому при изменении конфигурации рамки простого текста или атрибутов форматирования разбиение простого текста на строки может меняться. При свертке текста возможны два варианта разбиения на строки: по пробелам и с переносом слов.

Основные атрибуты простого текста, размещающегося внутри рамок, описаны в следующем разделе. Некоторые из методов класса "рамка простого текста", применяющиеся к тексту или к рамкам, рассмотрены в *разд. 2.5.6–2.5.9*.

ПРИМЕЧАНИЕ

Многие из приемов работы с простыми текстами относятся не столько к компьютерной графике, сколько к верстке — процессу подготовки издания к печати. Поэтому в данной книге методы класса "рамка простого текста" описаны выборочно.

2.5.4. Атрибуты простого текста

Атрибуты простого и фигурного текстов совпадают, с учетом того, что полоса набора заменяется рамкой — геометрической фигурой, определяющей границы области размещения текста. Но у этого класса текстовых объектов имеются и специфические атрибуты, относящиеся к форматированию абзацев.

Атрибуты интервалов

Дополнительные атрибуты позволяют более гибко управлять процедурой выравнивания простого текста по ширине. Задавая значения атрибутов "минимальный межсловный интервал", "максимальный межсловный интервал" и "максимальный межсимвольный интервал" можно регулировать плотность верстки текста.

При наборе простого текста имеется возможность увеличивать расстояние по вертикали между смежными абзацами, формируя просветы, которые называются *спусками* или *отбивками*. Этим процессом управляют два атрибута: "отбивка перед абзацем" и "отбивка после абзаца" (их значения задаются в процентах от кегля). По умолчанию отбивка перед абзацем равна 100%, после абзаца — 0%. На рис. 2.5.14 представлена верстка текста без отбивок и с отбивками.

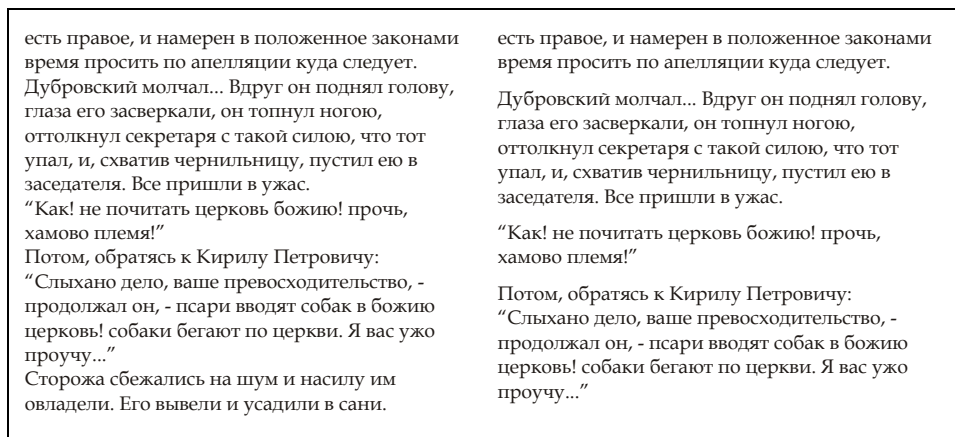


Рис. 2.5.14. Верстка текста без отбивок (слева) и с отбивками перед абзацем 150% (справа)

Атрибуты переноса слов

Переносом называется разрыв слова, располагающегося в конце строки, в соответствии с нормами орфографии, после которого начало слова с последующим знаком переноса (дефисом) остается на строке, а его оставшаяся часть размещается в начале следующей строки. Многие программы векторной графики позволяют автоматически переносить строки в процессе свертки текста при вводе или форматировании. Этим процессом управляют значения следующих атрибутов:

- ☐ *Автоматическая расстановка переносов* — логическая величина, включающая или отключающая режим переноса.
- ☐ *Ширина зоны переноса* — число, задающее ширину части строки, примыкающей к правой границе рамки текста. Если при свертке текста слово не умещается по длине строки, то анализируется, находится ли начало этого слова в пределах зоны переноса. Если это так, то слово целиком перенос-

сится на следующую строку. В противном случае предпринимается попытка разбить его.

- ❑ *Минимальная длина слова* — наименьшая длина слова (в символах), которое может быть перенесено.
- ❑ *Минимальное число оставляемых символов* — наименьшая длина части слова, оставляемой на строке;
- ❑ *Минимальное число переносимых символов* — наименьшая длина части слова, переносимой на следующую строку.

Применение переносов делает верстку более ровной, сокращая число разреженных (жидких) строк (рис. 2.5.15).

Секретарь повторил ему свое приглашение подписать свое полное и совершенное удовольствие или явное неудовольствие, если паче чаяния чувствует по совести, что дело его есть правое, и намерен в положенное законами время просить по апелляции куда следует. Дубровский молчал... Вдруг он поднял голову, глаза его засверкали, он топнул

Секретарь повторил ему свое приглашение подписать свое полное и совершенное удовольствие или явное неудовольствие, если паче чаяния чувствует по совести, что дело его есть правое, и намерен в положенное законами время просить по апелляции куда следует. Дубровский молчал... Вдруг он поднял голову, глаза его засверкали, он топнул ногою, оттолкнул секретаря с та-

Рис. 2.5.15. Свертка текста без переносов (слева) и с переносами (справа)

Атрибуты отступов

Атрибуты этой группы управляют втяжками и абзацными отступами в простом тексте. *Втяжкой* называется расстояние от края рамки простого текста до линии, соединяющей края строк абзаца (линии втяжки). *Абзацный отступ* — это смещение первого символа первой строки абзаца относительно линии втяжки. В группу входят три атрибута (положительные числа):

- ❑ *Левая втяжка* — управляет расстоянием от левого края рамки простого текста до линии левой втяжки.
- ❑ *Правая втяжка* — управляет расстоянием от правого края рамки простого текста до линии правой втяжки.
- ❑ *Втяжка первой строки* — управляет величиной левой втяжки для первой строки абзаца. Согласованно задавая величины этого атрибута и левой втяжки, можно устанавливать желаемое оформление первой строки абзаца.

Влияние этих атрибутов на вид простого текста представлено на рис. 2.5.16.

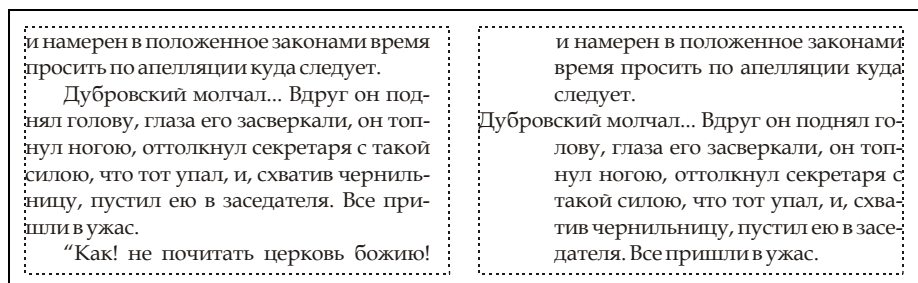


Рис. 2.5.16. Втяжки и абзацные отступы.

Слева — правая втяжка и абзацный отступ по типу красной строки.

Справа — левая втяжка и абзацный отступ по типу висячей строки

2.5.5. Режимы обтекания объектов текстом

Обтекание простым текстом — неспецифический атрибут графических объектов, управляющий режимом их взаимодействия с рамками простого текста. С помощью этого атрибута можно изменять конфигурацию полосы набора, в которой размещается текст, не меняя форму рамки текста, а размещая поверх нее любые геометрические объекты.

Режимы обтекания подразделяются на две группы: по контуру и по габаритам объекта. В первой группе граница области, исключаемой из полосы набора, — край объекта, во второй — габаритный прямоугольник объекта.

Режимы обтекания по контуру объекта:

- ☐ слева;
- ☐ справа;
- ☐ вокруг.

Режимы обтекания по габаритам объекта:

- ☐ слева;
- ☐ справа;
- ☐ вокруг;
- ☐ вразрез.

Примеры обтекания текстом графического объекта (эллипса) представлены на рис. 2.5.17 и 2.5.18.

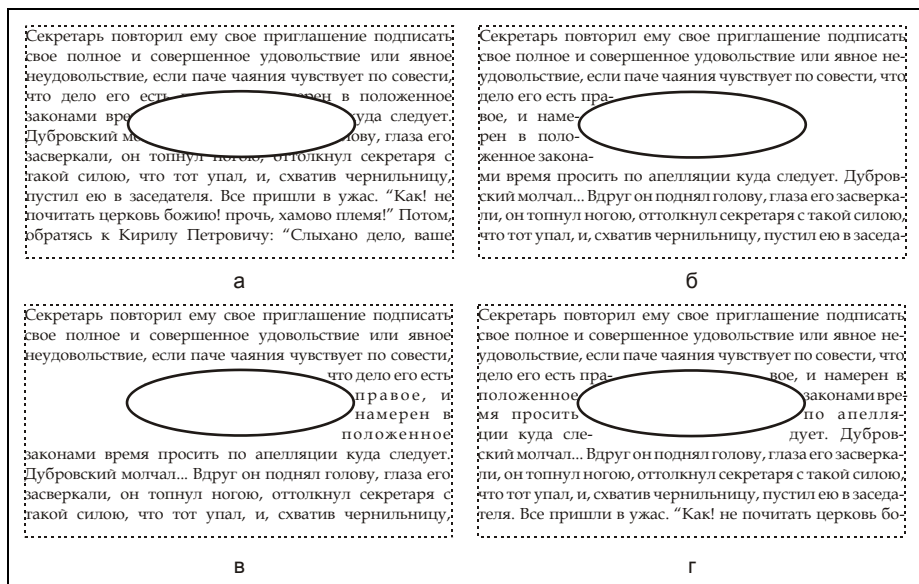


Рис. 2.5.17. Режимы обтекания по контуру объекта: а — без обтекания; б — обтекание слева; в — обтекание справа; г — обтекание вокруг

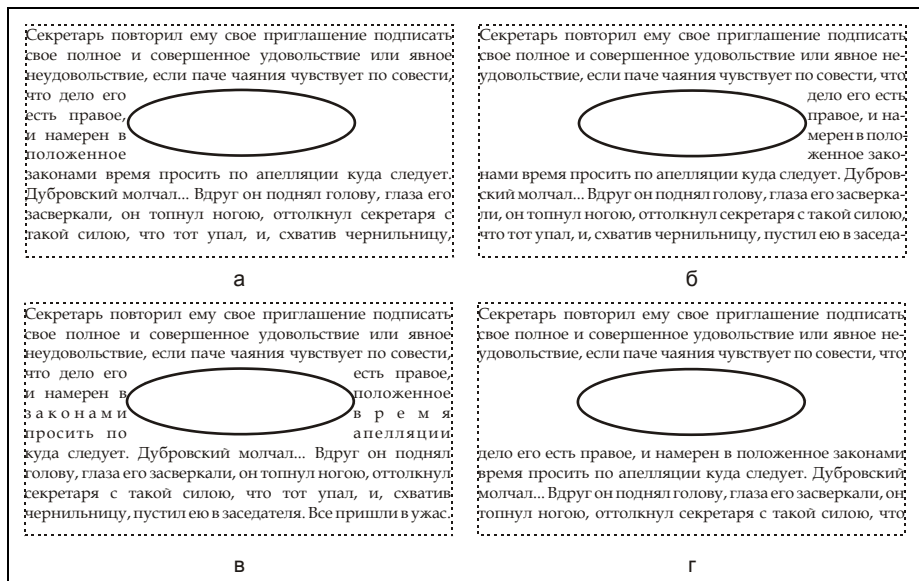


Рис. 2.5.18. Режимы обтекания по габаритам объекта: а — обтекание слева; б — обтекание справа; в — обтекание вокруг; г — обтекание вразрез

2.5.6. Верстка простого текста

Версткой называется процесс размещения текста на странице документа, а иногда — и результат этого процесса. Верстка — достаточно сложная процедура, с множеством профессиональных приемов и тонкостей. В курсе компьютерной графики можно ограничиться ее упрощенным вариантом, включающим следующие этапы:

- ☐ Разметка модульной сетки.
- ☐ Ввод или импорт текста и его размещение.
- ☐ Настройка форматирования.
- ☐ Кернинг пар.

Разметка модульной сетки

Модульной сеткой называется результат деления страницы документа на зоны размещения текста. При работе с простым текстом таким зонам ставятся в соответствие рамки, создающиеся с помощью методов класса "рамка простого текста". Чаще всего методы создания рамки простого текста реализуются в одном из двух вариантов:

- ☐ Создание рамки интерактивным инструментом. При этом рамка простого текста строится аналогично прямоугольнику и получает прямоугольную форму, которую впоследствии можно изменить с помощью преобразований.
- ☐ Преобразование в рамку замкнутого геометрического объекта. При этом вначале строится геометрический объект желаемой формы, а затем он преобразуется в рамку простого текста (как правило, в результате операции размещения текста).

При необходимости, на страницу добавляют геометрические объекты различной формы, для которых устанавливают нужный режим обтекания простым текстом. Если сами эти объекты не должны появляться на странице, для них отменяют обводку и заливку.

После того как рамки простого текста приведены к желаемым формам и расположены на странице нужным образом, их связывают в цепочки. Этот процесс обеспечивается методами цепочки рамок простого текста:

- ☐ установление связи рамки со следующей рамкой в цепочке;
- ☐ удаление связи рамки со следующей рамкой в цепочке.

Оба этих метода обычно реализуются в рамках одной операции — размещения текста (*см. далее*).

Ввод или импорт текста и его размещение

Второй этап верстки — наполнение связанных цепочек рамок простого текста, образующих модульную сетку, собственно текстом — последовательностью символов. Если модульная сетка состоит из одной цепочки рамок, то для этого потребуется один текст. Если имеется несколько связанных цепочек, то необходимо ввести несколько текстов. В любом случае, требуется ввод. В большинстве программ компьютерной графики для добавления текста предусмотрено два основных способа: непосредственный ввод и импорт.

Первый способ — ввод текста с клавиатуры. Для его реализации в состав интерфейса пользователя встраивается более или менее сложный текстовый редактор, позволяющий выполнять не только ввод, но и изменение текста (редактирование). Этим способом обычно вводят небольшие фрагменты непосредственно в рамку простого текста.

ПРИМЕЧАНИЕ

Встроенный редактор можно использовать также для редактирования ранее введенных или импортированных (см. далее) текстов.

Тексты большого объема обычно подготавливают заранее с помощью специализированных программных средств, а затем импортируют с помощью встроенного в программу компьютерной графики дополнения (фильтра импорта текста) и помещают в рамку простого текста.

Помещенный в рамку текст, как правило, нельзя полностью отобразить в ее границах. Часть текста, помещенная в рамку, но не отображенная из-за ее ограниченных размеров, называется *неразмещенным текстом* рамки.

Если рамка входит в состав цепочки рамок простого текста, то ее неразмещенный текст переходит в следующую по цепочке рамку, отображаясь в ее границах. Процесс повторяется до достижения последней рамки цепочки или до того момента, когда в очередной рамке не останется неразмещенного текста.

Как правило, в интерфейсе пользователя программы векторной графики имеется специальный инструмент для выполнения операции размещения, позволяющий добавлять в цепочку рамок простого текста новые рамки, в которые сразу же "перетекает" неразмещенный текст. Таким образом, операции разметки и размещения могут перемежаться. Переход на следующий этап происходит, когда все тексты, подлежащие верстке, введены и размещены.

Настройка форматирования

На этом этапе форматируют абзацы и символы.

Сначала для всего текста назначают основные кегль и гарнитуру, параметры трекинга, затем с помощью операций форматирования символов избирательно выполняют шрифтовые выделения: разрядку, подчеркивание, индексы, установку другого кегля или гарнитуры.

Для каждой из рамок простого текста назначают атрибуты интерлиньяжа, выравнивания, спусков и втяжек. Настраивают атрибуты, управляющие переносом текста. В простых случаях верстки значения этих атрибутов одинаковы для всех рамок, входящих в цепочку, в более сложных их приходится задавать индивидуально.

Кернинг пар

Операции, связанные со смещением отдельных символов, при верстке приходится выполнять не слишком часто. Как правило, они связаны с желанием добиться какого-либо графического эффекта, или с кернингом пар смежных символов. Это операции тонкой настройки текста.

Кернингом пар называется регулирование расстояния между соседними символами в случаях, когда стандартное расстояние, предусмотренное гарнитурой, выглядит неадекватным из-за особенностей графики символов. На рис. 2.5.19 в верхней строке символы расположены равномерно, из-за чего визуально расстояния между буквами "г", "а" и "т" выглядят увеличенными. В нижней строке показан результат кернинга пар символов.



Рис. 2.5.19. Кернинг пар символов

Во многих гарнитурах имеется специальная таблица кернинга, и в этих случаях он выполняется автоматически. Вручную это приходится делать только при применении специальных декоративных или устаревших гарнитур.

2.5.7. Многоколонный набор

Многоколонный набор — это частный случай верстки с модульной сеткой, представляющей собой несколько прямоугольников (*колонок*), располагающихся по ширине страницы документа. Колонки находятся внутри рамки простого текста, причем они связаны в цепочку таким образом, чтобы текст перетекал из колонки слева в соседнюю с ней колонку справа.

Как правило, многоколонный набор необходим при верстке большого объема текста на листе большого формата. С точки зрения эргономики многоколонный набор нужен для ограничения длины строки — слишком длинные строки неудобно читать.

Форматирование колонок управляется несколькими специфическими атрибутами рамки простого текста:

- ❑ *Число колонок* — целое число, задающее количество колонок внутри рамки простого текста.
- ❑ *Ширина колонки* (по числу колонок) — число, устанавливающее размер колонки по горизонтали (размер колонки по высоте определяется вертикальным габаритом рамки простого текста).
- ❑ *Ширина средника* (по числу колонок) — число, определяющее размер просвета справа от колонки (*средника*).
- ❑ *Наличие разделителя* — логическая величина, управляющая выводом вертикальной черты по всей высоте средников (разделитель позволяет визуально изолировать друг от друга соседние колонки при малой ширине средника).

На рис. 2.5.20 приведен пример многоколонного набора в рамке простого текста.

Если редактор векторной графики не реализует многоколонный набор в рамке простого текста, аналогичного результата можно добиться с помощью модульной сетки, в которой колонкам будут соответствовать отдельные рамки простого текста.

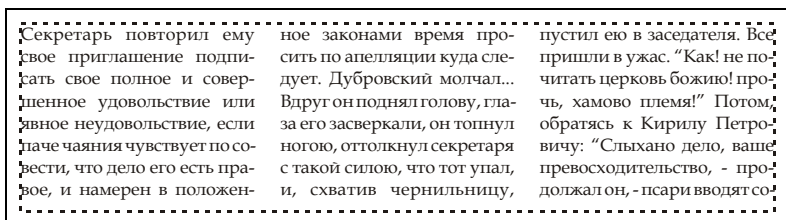


Рис. 2.5.20. Набор в три колонки равной ширины без разделителей

2.5.8. Текстовые эффекты

В этом разделе рассматриваются не графические эффекты, а два распространенных полиграфических приема оформления абзацев.

Буквица

Буквицей называется первый символ абзаца, выделенный более крупным, чем основной текст, кеглем и особым образом расположенный по отношению к строкам абзаца. Обычно буквица размещается одним из двух способов — с опущенной базовой линией или висячим выступом.

Атрибуты форматного преобразования буквицы:

- ☐ *Высота в строках* — число, определяющее высоту буквицы в строках абзаца.
- ☐ *Тип размещения* — логическая величина, определяющая способ размещения буквицы.
- ☐ *Отступ* — число, определяющее дополнительное расстояние между буквицей и текстом абзаца.

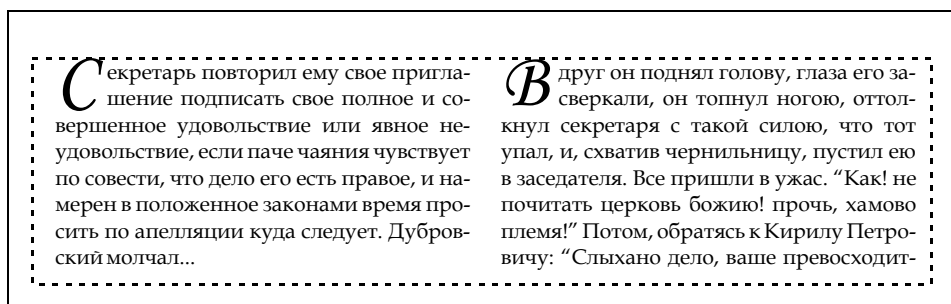


Рис. 2.5.21. Оформление буквиц с опущенной базовой линией

В первом варианте начальные точки первых строк абзаца с буквицей смещаются вправо на горизонтальный размер буквицы, а базовая линия самой буквицы (первого символа абзаца) смещается вниз на заданное число строк (рис. 2.5.21). Кегль буквицы рассчитывается автоматически исходя из кегля абзаца.

Второй вариант оформления буквицы — висячим отступом — отличается от первого только тем, что вправо смещаются все (а не только первые) строки абзаца. Буквица при этом располагается слева от абзаца (рис. 2.5.22).

Секретарь повторил ему свое приглашение подписать свое полное и совершенное удовольствие или явное неудовольствие, если паче чаяния чувствует по совести, что дело его есть правое, и намерен в положенное законами время просить по апелляции куда следует. Дубровский молчал...

Вдруг он поднял голову, глаза его засверкали, он топнул ногою, оттолкнул секретаря с такой силою, что тот упал, и, схватив чернильницу, пустил ею в заседателя. Все пришли в ужас. “Как! не почитать церковь божию! прочь, хамово племя!” Потом, обратясь к Кирилу Петровичу:

Рис. 2.5.22. Оформление буквиц висячим отступом

Маркированный список

Маркированный список — последовательность абзацев текста с одинаковым форматированием, в начале каждого из которых помещен *маркер списка*. Такое оформление обычно применяют для визуального выделения начала каждого из пунктов перечисления.

Атрибуты форматного преобразования маркированного списка:

- ☐ *Гарнитура и номер* символа, который будет использован в качестве маркера.
- ☐ *Кегль* символа маркера.
- ☐ *Расстояние от края рамки до маркера* — число, задающее левую втяжку для ряда маркеров.
- ☐ *Расстояние от маркера до текста* пункта списка — число, определяющее просвет между маркером и первым символом пункта списка.
- ☐ *Смещение маркера по вертикали* — число, позволяющее выравнивать положение маркера относительно пункта списка по вертикали.

Внешний вид маркированного списка определяется сочетанием атрибутов форматирования абзаца и маркированного списка. На рис. 2.5.23 приведены два примера оформления маркированных списков, различающиеся кеглями маркеров и величинами втяжек для первой строки и остальных строк абзаца.

Методы форматирования буквиц и маркированных списков обычно включаются в элементы интерфейса векторных графических редакторов, управляющих форматированием абзацев.

К младшим офицерским званиям относятся: ★ младший лейтенант; ★ лейтенант; ★ старший лейтенант; ★ капитан, капитан-лейтенант.	К старшим офицерским званиям относятся: ★ майор, капитан 3 ранга; ★ подполковник, капитан 2 ранга; ★ полковник, капитан 1 ранга.
--	--

Рис. 2.5.23. Маркированные списки

2.5.9. Текст на траектории

С помощью смещения и поворота символов (см. рис. 2.5.4) можно добиться практически любого расположения символов фигурного текста. Однако это далеко не всегда просто. Для упрощения и ускорения размещения текста в компьютерной графике предусмотрены составные объекты класса "текст на траектории". С помощью атрибутов и методов этого класса можно не только быстро добиться желаемого расположения символов текста, но и сохранить при этом возможность редактирования и текста, и траектории.

Траекторией называется линия, определяющая закономерность расположения символов размещенного на ней текста.

В составной объект "текст на траектории" входят траектория и один или несколько текстовых объектов, которые отличаются от фигурного текста тем, что состоят только из одной строки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если при создании объекта класса "текст на траектории" в качестве текста берется блок фигурного текста, состоящий из нескольких строк, то символы конца абзаца, разделяющие его строки, просто удаляются, и весь фрагмент становится единой строкой.

В качестве траектории могут выступать как замкнутые, так и незамкнутые линии, односвязные или соединенные.

ПРИМЕЧАНИЕ

При размещении текста на соединенной линии он располагается на всех ее ветвях так, будто они связаны в цепочку (см. разд. 2.5.3).

На рис. 2.5.24 представлен простейший текст на траектории.

При необходимости составной объект "текст на траектории" можно разъединить, получив в результате отдельные текстовые объекты и линию, игравшую

роль траектории. Текстовые объекты и после разъединения будут сохранять ту форму, которую имели на траектории, за счет соответствующей установки атрибутов смещения символов.

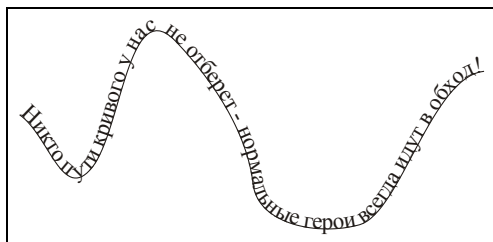


Рис. 2.5.24. Размещение текста на траектории

К специфическим атрибутам текста, которые можно задать после его размещения на траектории, относятся:

- ☐ *ориентация символов* относительно траектории;
- ☐ *смещение* начальной точки и базовой линии относительно траектории;
- ☐ *признаки зеркального отражения* текста относительно траектории.

При работе с объектами класса "текст на траектории" используются три группы методов:

- ☐ Методы, унаследованные у класса "линия" — для редактирования формы траектории.
- ☐ Методы, унаследованные у класса "фигурный текст" — для редактирования текстов, входящих в составной объект.
- ☐ Специфические методы составного объекта — для настройки расположения текста относительно траектории путем изменения специфических атрибутов.

Последняя группа методов реализуется в векторных графических редакторах как в виде интерактивных инструментов, так и способами параметризации (с помощью команд меню и панелей инструментов).

Ориентация символов текста относительно траектории

Направление траектории определяет местоположение точек привязки каждого из символов размещенного на ней текста. Но при этом можно выбрать различные варианты ориентации базовой линии и направления вертикальных штрихов символа относительно траектории (рис. 2.5.25).

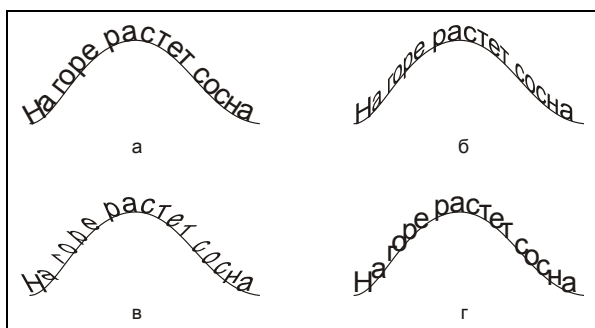


Рис. 2.5.25. Ориентация символов текста на траектории

На рис. 2.5.25, *а* базовая линия совпадает с хордой траектории, а вертикальные штрихи перпендикулярны ей. На рис. 2.5.25, *б* базовая линия совпадает с хордой, а вертикальные штрихи направлены вдоль вертикальной оси локальной системы координат составного объекта. На рис. 2.5.25, *в* базовая линия параллельна горизонтальной оси локальной системы координат составного объекта, а вертикальные штрихи направлены по нормали к траектории. На рис. 2.5.25, *г* базовая линия параллельна горизонтальной оси локальной системы координат составного объекта, а вертикальные штрихи параллельны вертикальной оси локальной системы координат составного объекта.

Смещение начальной точки и базовой линии

Смещение начальной точки позволяет сдвигать текст вдоль траектории, а смещение базовой линии — удалять текст от траектории или приближать его к ней. Рис. 2.5.26 иллюстрирует влияние соответствующих атрибутов на внешний вид текста на траектории.

На рис. 2.5.26, *а* оба смещения равны нулю, текст размещен от начального узла линии, и базовые линии символов совмещены с хордами траектории. На рис. 2.5.26, *б* заданы положительные смещения, и текст отображается над траекторией на некотором расстоянии от ее начального узла.

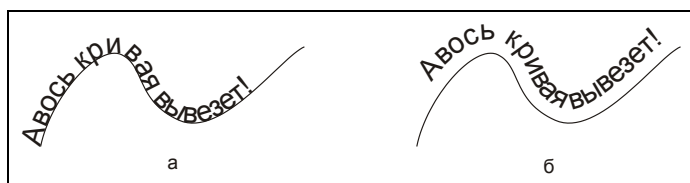


Рис. 2.5.26. Смещение текста на траектории

Зеркальное отражение относительно траектории

Это преобразование называется зеркальным отражением условно. Речь идет об изменении направления размещения текста и стороны траектории, с которой текст размещается. Управляют преобразованием две логические величины, определяющие направление размещения (от начального узла к конечному или наоборот) и стороной траектории, на которой размещается текст (сверху или снизу). "Верх" и "низ" определяются относительно локальной системы координат траектории. На рис. 2.5.27 приведены тексты на траектории, соответствующие всем возможным сочетаниям этих параметров.

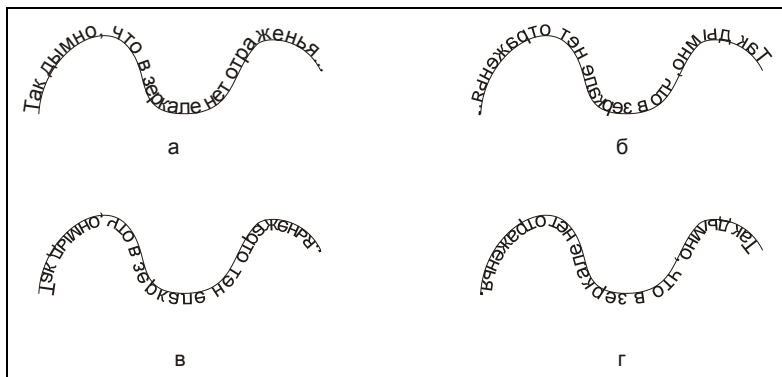


Рис. 2.5.27. Размещение и отражение текста относительно траектории:

а — сверху от начала к концу; *б* — сверху от конца к началу;

в — снизу от начала к концу; *г* — снизу от конца к началу

Несколько текстов на траектории

В графическом проектировании часто возникают ситуации, когда на одной траектории нужно разместить несколько текстов. Это делается с помощью тех же приемов построения составного объекта. При этом сохраняются возможности автономного редактирования каждого из размещенных текстов и синхронного изменения размещения всех текстов при редактировании траектории. На рис. 2.5.28 представлен пример составного объекта, включающего в себя траекторию и четыре текста.

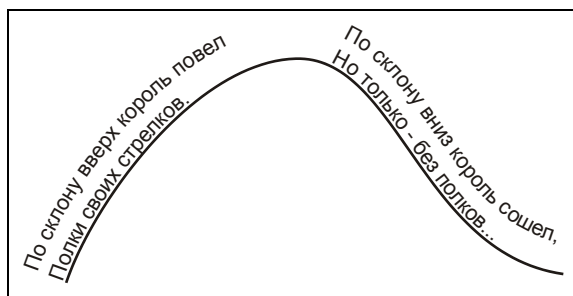


Рис. 2.5.28. Размещение нескольких текстов на траектории

Список новых терминов

- ☐ Фигурный текст
- ☐ Строка
- ☐ Слово
- ☐ Символ
- ☐ Гарнитура
- ☐ Кегль
- ☐ Начертание
- ☐ Подчеркивание
- ☐ Регистр
- ☐ Индекс
- ☐ Базовая линия
- ☐ Смещение
- ☐ Выравнивание
- ☐ Полоса набора
- ☐ Интерлиньяж
- ☐ Трекинг
- ☐ Простой текст
- ☐ Рамка простого текста
- ☐ Цепочка рамок простого текста
- ☐ Абзац
- ☐ Свертка текста

- ☐ Спуск
- ☐ Отбивка
- ☐ Перенос
- ☐ Зона переноса
- ☐ Втяжка
- ☐ Абзацный отступ
- ☐ Обтекание простым текстом
- ☐ Верстка
- ☐ Неразмещенный текст
- ☐ Колонка текста
- ☐ Многоколонный набор
- ☐ Средник
- ☐ Буквица
- ☐ Список маркированный
- ☐ Траектория

Контрольные вопросы

1. Почему в векторной графике имеется не один, а два класса текстовых графических объектов?
2. Каково назначение фигурных текстов?
3. Какие объекты получаются при разъединении фигурного текста?
4. Каким образом гарнитура устанавливает соответствие между числом и соответствующим ему символом?
5. Для чего предназначены графические гарнитуры?
6. Каким образом можно измерить кегль?
7. Чем различаются начертания в пределах одной гарнитуры?
8. Чем капитель отличается от капитализации?
9. Как можно выполнить форматирование индекса без задания атрибута индекса?
10. Какие элементы символов текста совмещаются с базовой линией?
11. Сколько значений определяют смещение символа?

12. Чем отличаются друг от друга варианты выравнивания?
13. Какова взаимосвязь между горизонтальным смещением и выравниванием?
14. За счет чего выполняется выравнивание текста по ширине?
15. Что задает значение интерлиньяжа?
16. Какими характеристиками текста управляет трекинг?
17. Каково основное назначение простого текста?
18. Чем простой текст отличается от фигурного?
19. Что представляет собой цепочка рамок простого текста?
20. Как цепочка рамок взаимодействует с текстом?
21. Сколько текстов содержится в цепочке из трех связанных рамок?
22. Какую форму могут принимать рамки простого текста?
23. Для какой цели используются отбивки?
24. Как ширина зоны переноса влияет на число перенесенных слов в тексте?
25. Сколько втяжек можно задать для одного абзаца простого текста?
26. Каким образом можно изменить форму полосы набора, не меняя формы рамки простого текста?
27. Для чего необходима процедура верстки текста?
28. Для каких целей при верстке необходима модульная сетка?
29. В чем разница между вводом и размещением текста?
30. Каким образом можно исправить опечатку в неразмещенном тексте?
31. В каких случаях выполняется кернинг пар?
32. Для каких целей применяется многоколонный набор?
33. Чем колонка многоколонного набора отличается от рамки простого текста?
34. Для чего предназначаются буквицы?
35. С помощью каких атрибутов настраивается внешний вид маркированного списка?
36. Какие ограничения накладываются на текст при его размещении на траектории?
37. Сколько текстов можно разместить на одной траектории?

38. Чем определяется ориентация символов текста относительно траектории?
39. Как можно изменить направление размещения текста на траектории?
40. Как перенести текст на внутреннюю сторону замкнутой траектории?

Темы для обсуждения

1. Роль текста в графических проектах.
2. Изобразительные возможности фигурного текста.
3. Назначение различных типов выравнивания текста.
4. Верстка многостраничных документов.
5. Типовые модульные сетки и их применение.
6. Изобразительные возможности текста на траектории.

2.6. Работа с графическими объектами

В основе работы над любым графическим проектом лежит создание экземпляров графических объектов, расположение их на страницах документа и придание им желаемого вида. В процессе графического проектирования пользователь воплощает свой творческий замысел, мысленно разбивая будущее изображение на графические объекты, создавая их, а затем располагая в соответствии с композицией и добиваясь желаемого вида изображения настройкой атрибутов.

У каждого класса графических объектов имеются свои специфические методы, с помощью которых экземплярам этих классов придается желаемый вид. Но существует много операций, которые могут выполняться с графическими объектами, принадлежащими к любому классу. В этой главе рассматриваются как раз такие неспецифические операции, позволяющие компоновать графические объекты в единое изображение, согласовывая их размеры и расположение.

2.6.1. Выделение

Информационная модель изображения состоит из большого числа графических объектов. Чтобы можно было выполнить какое-нибудь действие, меняющее значение атрибутов ранее включенного в ее состав графического объекта, необходимо вначале указать, какой именно объект имеется в виду. Для этого служит операция выделения.

Выделением называется операция формирования совокупности объектов, к которым будут применяться последующие операции редактирования. Временно созданная операцией выделения совокупность называется *выделенными объектами*.

Как правило, выделенный объект (объекты) тем или иным способом обозначаются на изображении. Чаще всего отображается габаритный прямоугольник, охватывающий выделенный объект, или меняется цвет последнего.

В большинстве современных программ для работы с векторной графикой интерфейс пользователя зависит от того, к какому классу относится выделенный объект. Это относится как к отображению атрибутов объекта, так и к доступным для выбора командам меню и интерактивным инструментам. Например, операция соединения возможна только тогда, когда выделено не менее двух объектов, и они относятся к классам, позволяющим соединить их в единый объект.

Для выполнения операции выделения объекта обычно предоставляются несколько инструментов, позволяющих выбирать нужные объекты либо с помощью интерактивного инструмента, либо путем отбора по критериям поиска, либо из списка имеющихся в составе модели графических объектов.

2.6.2. Размещение

Размещением называется расположение выделенного объекта или совокупности выделенных объектов в желаемом месте страницы графического документа. Результат этой операции — изменение значений двух неспецифических атрибутов выделенного объекта, задающих значения его координат в глобальной координатной системе страницы.

Координатами объекта считаются координаты его точки привязки — начала локальной системы координат этого объекта.

ПРИМЕЧАНИЕ

У большинства графических объектов точка привязки располагается в центре габаритного прямоугольника, охватывающего этот объект.

В графических редакторах операция размещения выполняется двумя основными способами:

- ❑ перетаскиванием выделенных объектов интерактивным инструментом;
- ❑ параметризацией — вводом численных значений новых координат точки привязки в соответствующие элементы управления.

Первый способ быстрее, но, как правило, не обеспечивает высокой точности. Второй — более трудоемкий, но позволяет выполнять размещение с любой необходимой точностью.

Операцию размещения можно выполнить в относительном режиме. При этом в элементы управления вводятся не абсолютные значения новых координат точки привязки размещаемого объекта, а величины смещений объекта по осям координат относительно его текущего положения.

При любом способе реализации возможен дополнительный режим, который предполагает размещение не выделенного объекта, а его копии. Выделенный объект при этом сохраняет свое исходное положение. По существу это комбинация операций размещения и дублирования (см. разд. 2.6.8).

2.6.3. Привязки

Привязкой называется вспомогательный механизм, позволяющий завершить операцию размещения в интерактивном режиме при соблюдении некоторого условия. Действие этого механизма заключается в том, что при перемещении объекта интерактивным инструментом объект может "притягиваться" к определенным местам страницы. Например, при движении объекта в момент его вхождения в окрестность некоторой точки он автоматически перемещается таким образом, что его точка привязки или узел совмещается с этой точкой. Выбор точки, к которой привязывается объект, зависит от действий пользователя. Например, если в начале перетаскивания объекта интерактивный инструмент был установлен на точке привязки, именно она и будет "притягиваться". В качестве альтернативного варианта, интерактивный инструмент может устанавливаться на любом из узлов линии, ограничивающей графический объект.

Размеры окрестности, в которой включается автоматическое перемещение, называются *порогом привязки*.

В компьютерной графике различают несколько типов привязки, подробнее рассмотренные в следующих подразделах.

Привязка к координатной сетке

Координатной сеткой называется совокупность линий, перпендикулярных координатным осям системы координат страницы, расположенных с фиксированным шагом. Две перпендикулярные линии координатной сетки обязательно проходят через начало системы координат страницы.

Шаг линий координатной сетки задается параметрическим способом. При включении режима привязки к линиям координатной сетки работа с изображением напоминает рисование на листе бумаги в клеточку. При перемещении объекты привязываются к линиям координатной сетки и точкам их пересечения.

Если задать порог привязки равным половине шага координатных линий, то точка привязки размещаемого объекта всегда будет располагаться в узле координатной сетки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Координатная сетка не является графическим объектом и не входит в состав информационной модели изображения. Ее атрибуты сохраняются вместе с остальными атрибутами графического документа, и при необходимости она может отображаться, но, как правило, не выводится на печать.

Привязка к направляющим

Для решения большинства задач графического проектирования привязка к координатной сетке избыточна, т. к. в ней слишком много линий. Когда требуется, чтобы объекты привязывались лишь к нескольким линиям, удобнее работать с направляющими.

Направляющей называется вспомогательная прямая, расположенная в любом месте страницы и обладающая всеми свойствами линий координатной сетки. Чаще встречаются горизонтальные и вертикальные направляющие, но отдельные редакторы векторной графики позволяют работать и с наклонными.

ПРИМЕЧАНИЕ

Направляющие являются хотя и вспомогательными, но "полноправными" графическими объектами, над ними можно выполнять некоторые преобразования (например, поворот и смещение). На печать направляющие не выводятся.

Перечислим наиболее распространенные режимы привязки.

- ❑ **Привязка к узлам объекта** — в данном режиме привязка включается в окрестности каждого узла любого из объектов, к которому в процессе интерактивного размещения приближается размещаемый объект. Этот режим удобен, когда необходимо вплотную сблизить несколько объектов, не допуская при этом их пересечения.
- ❑ **Привязка к пересечениям** — включается в окрестности любого пересечения линий графических объектов. При этом учитываются не только собственно линии, но и параметрические примитивы, и направляющие.
- ❑ **Привязка к середине сегмента** — включается в окрестности точки, расположенной в середине сегмента линии.
- ❑ **Привязка к сегменту** — включается в окрестности любой точки, принадлежащей любому сегменту любой линии.
- ❑ **Привязка к центру** — включается в окрестности центра габаритного прямоугольника любого объекта. Этим режимом привязки удобно пользоваться при построении концентрических групп графических объектов.
- ❑ **Привязка к базовой линии** — включается в окрестности любой точки, лежащей на базовой линии любого блока фигурного текста или базовой линии любой строки любой рамки простого текста.

2.6.4. Выравнивание

Выравниванием называется частный случай размещения выделенных графических объектов таким образом, чтобы определенные их точки (например, крайние левые) располагались на общей прямой. Условия выравнивания определяются выбором выравниваемых точек объектов и линии выравнивания.

В большинстве векторных графических редакторов линия выравнивания может быть только горизонтальной или вертикальной, соответственно, выравнивание выполняется по горизонтали или по вертикали.

При выравнивании по вертикали в качестве выравниваемых точек можно выбрать:

- ☐ крайние левые точки графических объектов;
- ☐ середины объектов (центры габаритных прямоугольников);
- ☐ крайние правые точки объектов.

При выравнивании по вертикали в качестве линий выравнивания можно выбрать левый и правый края или середину:

- ☐ страницы графического документа;
- ☐ габаритного прямоугольника, охватывающего все выравниваемые объекты;
- ☐ любого из выравниваемых объектов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Не все возможные сочетания выравниваемых точек и линий выравнивания имеют смысл. Например, невозможно выровнять крайние правые точки по середине одного из выравниваемых объектов.

При выравнивании по горизонтали в качестве выравниваемых точек можно выбрать:

- ☐ крайние верхние точки объектов;
- ☐ середины объектов (центры габаритных прямоугольников);
- ☐ крайние нижние точки объектов.

При выравнивании по горизонтали в качестве линий выравнивания можно выбрать верхний и нижний края или середину:

- ☐ страницы графического документа;
- ☐ габаритного прямоугольника, охватывающего все выравниваемые объекты;
- ☐ любого из выравниваемых объектов.

На рис. 2.6.1 представлено исходное расположение графических объектов и результат их вертикального выравнивания по левому краю габаритного прямоугольника, охватывающего выравниваемые объекты.

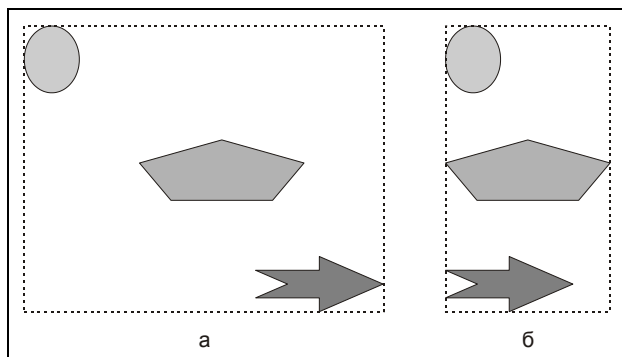


Рис. 2.6.1. Пример выравнивания объектов: *а* — исходное положение; *б* — положение после выравнивания

2.6.5. Распределение

Распределением называется размещение объектов, при котором расстояния между краями (или серединами) габаритных рамок распределяемых объектов или интервалы между распределяемыми объектами устанавливаются одинаковыми. Аналогично выравниванию, распределение может выполняться по горизонтали или по вертикали.

ПРИМЕЧАНИЕ

При необходимости распределения вдоль наклонной линии можно сначала распределить объекты вдоль горизонтальной линии, а затем развернуть эту совокупность графических объектов на нужный угол. После этого каждый объект разворачивается в обратную сторону на тот же угол.

На рис. 2.6.2 представлено два варианта распределения совокупности объектов, приведенной на рис. 2.6.1, *а*, по горизонтали.

ПРИМЕЧАНИЕ

Интервал между графическими объектами может оказаться отрицательным. В этом случае говорят о распределении с равными значениями перекрытия объектов.

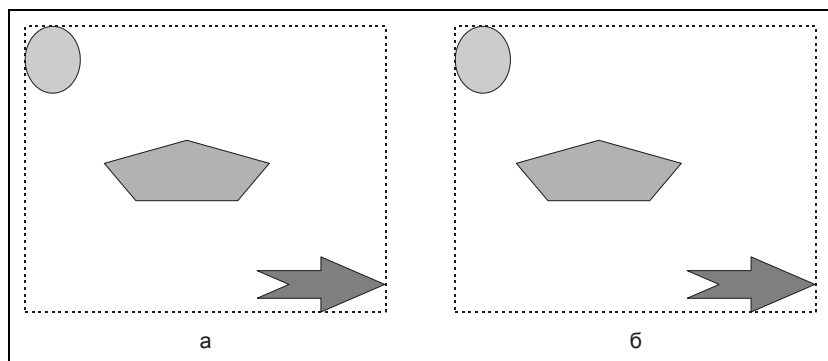


Рис. 2.6.2. Распределение совокупности объектов по горизонтали:
а — с равным расстоянием между центрами;
б — с равными интервалами между объектами

2.6.6. Масштабирование и отражение

Масштабированием или преобразованием масштабирования называется пропорциональное изменение размеров графического объекта по одной (или нескольким) осям координат. Результат масштабирования — изменение значений следующих неспецифических атрибутов выделенного объекта:

- ☐ коэффициентов масштабирования по координатным осям;
- ☐ размеров габаритного прямоугольника;
- ☐ координат точки привязки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Размеры графического объекта, заданные при его создании, в результате масштабирования не меняются, что дает возможность в случае необходимости восстановить их.

Операция масштабирования представляет собой реализацию неспецифического метода, имеющегося в любом классе графических объектов, кроме направляющих. Этот метод использует следующие управляющие параметры:

- ☐ коэффициенты масштабирования по горизонтали k_x и вертикали k_y ;
- ☐ координаты центра преобразования.

Важную роль при масштабировании играет *центр преобразования* — точка, относительно которой смещаются все остальные точки преобразуемого графического объекта. По умолчанию центр преобразования масштабирования установлен в центре габаритного прямоугольника, но при необходимости его можно задать явно. На рис. 2.6.3 исходный объект обозначен темной заливкой,

а результат масштабного преобразования с коэффициентом 2 по обеим осям координат — более светлой заливкой. Центр преобразования обозначен черной точкой. Видно, что выбор центра преобразования влияет только на размещение, а не на форму результата.

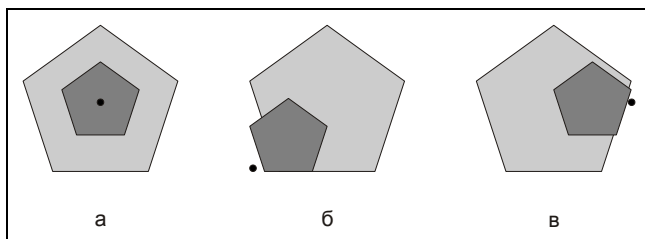


Рис. 2.6.3. Выбор центра преобразования масштабирования:
 а — в центре габаритного прямоугольника; б — в его левом нижнем углу;
 в — в середине его правой стороны

Если коэффициент масштабирования отрицательный, то совместно с масштабированием выполняется и зеркальное отражение по соответствующей этому коэффициенту оси. Иными словами, *зеркальное отражение* — частный случай масштабирования с отрицательным коэффициентом. На рис. 2.6.4 представлены три варианта масштабирования, совмещенного с зеркальным отражением (условные обозначения такие же, как на рис. 2.6.3).



Рис. 2.6.4. Преобразование масштабирования с отрицательными коэффициентами:
 а — $k_x = 2$, $k_y = -2$; б — $k_x = -2$, $k_y = -2$; в — $k_x = -2$, $k_y = 2$

Так же, как при масштабировании, выбор центра преобразования оказывает влияние только на размещение, но не на форму результата.

ПРИМЕЧАНИЕ

В некоторых векторных графических редакторах коэффициенты масштабирования могут принимать только неотрицательные значения, а зеркальное отражение реализуется с помощью отдельных элементов интерфейса пользователя.

2.6.7. Поворот

Поворотом называется преобразование графического объекта, при котором все его точки разворачиваются на заданный угол относительно центра преобразования.

Результат поворота — изменение значений следующих неспецифических атрибутов выделенного объекта:

- ☐ угла поворота объекта;
- ☐ размеров габаритного прямоугольника;
- ☐ координат точки привязки (если центр преобразования не совпал с ней).

Операция поворота представляет собой реализацию неспецифического метода, имеющегося в любом классе графических объектов. Этот метод использует следующие управляющие параметры:

- ☐ угол поворота объекта;
- ☐ координаты центра преобразования.

В большинстве графических редакторов положительное значение угла соответствует повороту против часовой стрелки, а отрицательное — по часовой стрелке.

2.6.8. Копирование, дублирование и клонирование

Копированием называется создание экземпляра того же класса графических объектов с той же структурой и теми же значениями атрибутов, что у исходного. Неспецифический метод копирования имеется во всех классах графических объектов и не использует никаких параметров.

ПРИМЕЧАНИЕ

Поскольку все атрибуты копии будут иметь те же значения, что у оригинала, она будет располагаться в той же точке страницы графического документа, что и оригинал, полностью совпадая с ним.

Дублирование — это операция копирования, совмещенная с последующим размещением копии объекта. Неспецифический метод дублирования имеется во всех классах графических объектов и использует два управляющих параметра, задающих величины смещения дубликата по отношению к оригиналу. Дублирование удобнее применять при создании нескольких копий одного оригинала, которые впоследствии предполагается перемещать.

Во многих графических редакторах дублирование может совмещаться с другими преобразованиями объекта: размещением, масштабированием, поворотом и скосом. В этом случае преобразуется не выделенный перед преобразованием объект, а автоматически созданная его копия.

Клоном называется совокупность объекта и нескольких его копий, сохраняющих связь с оригиналом. Клон состоит из *мастера* и *элементов клона*. *Мастер клона* — это объект, копии которого являются элементами клона. *Элемент клона* — это объект, автоматически воспроизводящий все операции редактирования, выполняемые над мастером клона. Сам же элемент клона редактировать нельзя — это разорвет его связь с мастером клона. Под редактированием понимается изменение атрибутов заливки, обводки, редактирование узлов и масштабирование. Но над элементом клона можно производить некоторые преобразования: размещать, поворачивать, зеркально отражать.

Все операции, запрещенные для элемента, можно выполнять над мастером клона, и все сделанные изменения будут сразу воспроизведены всеми элементами клона. При удалении мастера клона автоматически удаляются и все его элементы.

Клоны удобны при разработке орнаментов и тесселяций, поскольку все элементы клона, соответствующие раппорту орнамента или элементу тесселяции, видоизменяются одновременно с редактированием мастера клона. На рис. 2.6.5 приведен пример тесселяции, полученной редактированием клона, составленного из правильных шестиугольников.

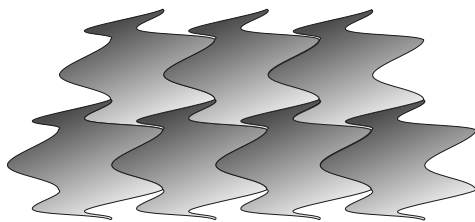


Рис. 2.6.5. Пример тесселяции, полученной с помощью редактирования клона

2.6.9. Скос

Скосом называется преобразование графического объекта, при котором точки, расположенные вдоль одной из сторон его габаритного прямоугольника (базовой), остаются неподвижными, а расположенные вдоль противоположной стороны габаритного прямоугольника смещаются параллельно ей.

При этом все промежуточные точки объекта также смещаются в ту же сторону на расстояние, пропорциональное их удалению от базовой стороны габаритного прямоугольника.

Для наглядности представим себе, что графический объект изображен на эластичной пленке, обрезанной по границам габаритного прямоугольника. Две противоположные стороны пленки закреплены на жестких планках. Базовая сторона остается неподвижной, а противоположную ей сторону смещают вдоль прямой, на которой она лежит. Прямоугольник из эластичной пленки при этом превратится в параллелограмм, а изображенный на нем графический объект будет скошен.

Преобразование скоса может выполняться относительно любой из четырех сторон габаритного прямоугольника. Результат этой операции — изменение значений следующих неспецифических атрибутов выделенного объекта:

- ☐ размеров габаритного прямоугольника;
- ☐ координат точки привязки (если центр преобразования не совпал с ней).

Операция скоса представляет собой реализацию неспецифического метода, имеющегося в любом классе графических объектов, кроме направляющих. Этот метод использует следующие управляющие параметры:

- ☐ угол скоса объекта;
- ☐ координаты центра преобразования или направление скоса.

ПРИМЕЧАНИЕ

В отличие от рассмотренных ранее операций масштабирования и поворота углы скоса объекта при выполнении нескольких последовательных преобразований не накапливаются. В этом смысле преобразование скоса необратимо.

На рис. 2.6.6 представлены примеры скоса текстового графического объекта.

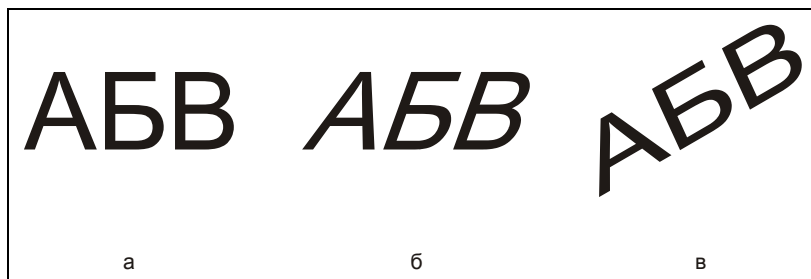


Рис. 2.6.6. Результаты выполнения преобразования скоса:

а — исходное состояние графического объекта; *б* — скос по горизонтали на 20°;
в — скос по горизонтали на 20° и по вертикали на 30°

2.6.10. Блокировка

Чтобы исключить случайное преобразование, графический объект можно заблокировать. *Блокировкой* называется придание графическому объекту особого статуса, исключающего его модификацию.

Заблокированные объекты можно только выделять (и то не во всех программах векторной графики). Неспецифические методы установки и снятия блокировки имеются во всех классах графических объектов и реализованы способом параметризации с помощью команды меню или управляющих кнопок на панели инструментов.

Список новых терминов

- ☐ Выделение
- ☐ Выделенные объекты
- ☐ Размещение
- ☐ Привязка
- ☐ Порог привязки
- ☐ Сетка координатная
- ☐ Направляющая
- ☐ Выравнивание
- ☐ Распределение
- ☐ Масштабирование
- ☐ Центр преобразования
- ☐ Зеркальное отражение
- ☐ Поворот
- ☐ Копирование
- ☐ Дублирование
- ☐ Клонирование
- ☐ Клон
- ☐ Мастер клона
- ☐ Экземпляр клона
- ☐ Скос
- ☐ Блокировка

Контрольные вопросы

1. Какова роль неспецифических методов классов графических объектов при работе над графическими проектами?
2. Для чего необходимо выделять графические объекты?
3. В чем смысл операции размещения?
4. Для чего необходимы различные реализации метода размещения объекта?
5. В чем преимущество параметрического размещения?
6. Совместно с какой операцией используется механизм привязки?
7. Какую роль играет порог привязки при интерактивном размещении объекта?
8. Почему порог привязки к координатной сетке нецелесообразно задавать больше половины шага линий этой сетки?
9. Почему координатная сетка не может считаться графическим объектом?
10. Для каких задач целесообразно применение наклонных направляющих?
11. Чем отличаются между собой режимы привязки к объектам?
12. Какие точки можно выбирать в качестве выравниваемых при выравнивании по вертикали?
13. Относительно каких объектов можно выполнять выравнивание?
14. Чем отличаются режимы распределения с равными межцентровыми расстояниями и с равными интервалами?
15. Как можно распределить объекты вдоль наклонной линии?
16. Как операция масштабирования воздействует на размеры выделенного графического объекта?
17. Каково основное свойство центра преобразования?
18. К каким результатам приводит масштабирование с отрицательными значениями обоих коэффициентов?
19. Как поворот влияет на координаты точки привязки объекта?
20. Чем отличаются операции копирования и дублирования?
21. Чем мастер клона отличается от элемента того же клона?
22. Какие неявные изменения происходят при редактировании элемента клона?

23. Совпадут ли результаты, полученные при последовательном двукратном скосе объекта: а) сначала на 20° по горизонтали, затем на 30° по вертикали и б) сначала на 30° по вертикали, затем на 20° по горизонтали?
24. Каким образом блокировка упрощает работу с графическими объектами?

Темы для обсуждения

1. Модульная сетка верстки документа и направляющие.
2. Изобразительные возможности комбинации операции дублирования с преобразованием.
3. Использование клонов при разработке орнамента и тесселяции.

2.7. Агрегация графических объектов

Одно из преимуществ векторной информационной модели изображения — ее структурированность. Структура векторного изображения не задана заранее, она целенаправленно строится в процессе работы над графическим проектом. При этом пользователь руководствуется соображениями удобства в работе при текущем и последующем редактировании векторного изображения.

Возможность произвольно формировать *агрегации* — устойчивые именованные совокупности графических объектов, над которыми впоследствии можно выполнять операции редактирования — важная особенность всех векторных графических редакторов. В этой главе рассматриваются различные типы агрегаций, их назначение и способы работы с ними.

2.7.1. Слои векторного изображения

Ранее мы рассматривали операцию размещения как изменение *двух* координат точки привязки графического объекта в системе координат страницы документа (*абсциссы* и *ординаты*). На практике дело обстоит не совсем так: несмотря на плоскостной характер двухмерной графики в целом (и векторной — в частности) полностью игнорировать третью координату (аппликату) нельзя. Основная причина этого — необходимость однозначного решения вопроса о взаимном перекрытии объектов.

Стопка объектов

Стопка объектов — это метафора, позволяющая сделать наглядным процесс упорядочения графических объектов по аппликате. Исходя из здравого смысла, следует предположить, что объекты, расположенные ниже по аппликату, в случае перекрытия с расположенными выше объектами, будут частично или полностью закрыты последними.

Столка — это список графических объектов, составляющих изображение, упорядоченный согласно их расположению по аппликате. При этом важен только порядок объектов, значение аппликаты не играет роли. По умолчанию каждый вновь созданный объект помещается на верх столки.

Объекты, составляющие изображение, можно представить себе как фигуры, вырезанные из цветного эластичного скотча. При создании каждый объект вырезается по контуру и наклеивается на жесткий прозрачный лист, который затем кладется сверху на уже имеющиеся листы. При необходимости любой лист можно изъять из столки и переместить в ней на другую позицию (например, вверх или вниз).

В рамках этой метафоры преобразования объектов сводятся к переклеиванию объектов в рамках одного листа (возможно с растяжениями, сжатиями и скосами).

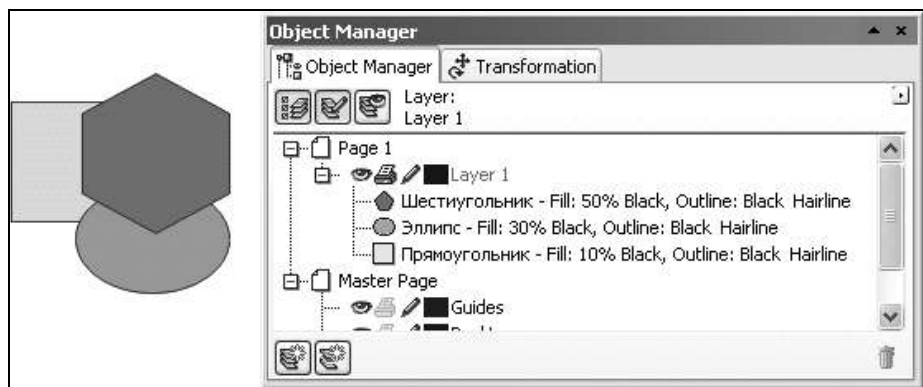


Рис. 2.7.1. Исходное состояние столки графических объектов

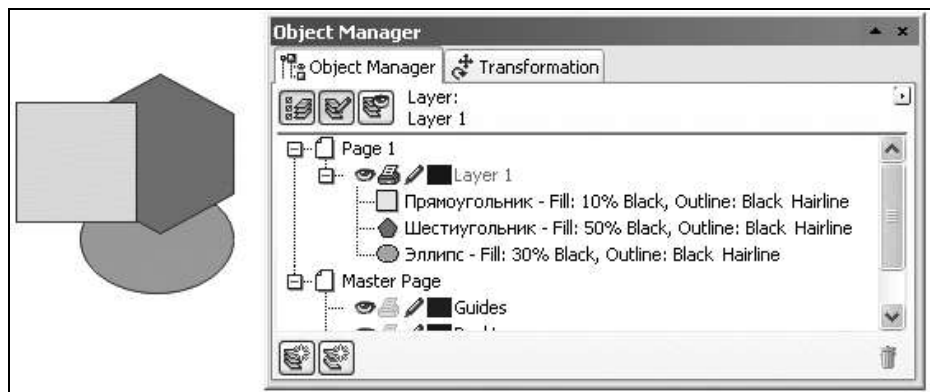


Рис. 2.7.2. Состояние столки графических объектов после перемещения нижнего объекта наверх

В многостраничных документах на каждой странице имеются свои стопки графических объектов. Метафора стопки используется для упорядочения графических объектов по аппликату во многих векторных графических редакторах. На рис. 2.7.1 представлено исходное положение трех графических примитивов и соответствующая им стопка объектов, на рис. 2.7.2 — те же объекты в тех же местах, но после выполнения операции переноса нижнего объекта на верх стопки (интерфейс CorelDRAW).

Местоположение объекта в стопке определяется значением неспецифического атрибута. Метод для работы со стопкой один, он задает значение этого атрибута и реализуется обычно в виде последовательности операций над объектом:

- ☐ перемещение на верх стопки;
- ☐ перемещение в низ стопки;
- ☐ перемещение на один шаг вверх;
- ☐ перемещение на один шаг вниз;
- ☐ помещение над указанным объектом;
- ☐ помещение под указанным объектом.

Эти операции реализуются как параметрические, а две последние из них — как интерактивные.

Стандартные слои

Во многих графических программах стопка объектов разделяется на более мелкие агрегаты — слои. *Слоем* называется агрегация, включающая в себя совокупность графических объектов, имеющая имя, атрибуты и занимающая в стопке определенное положение относительно других слоев. Атрибуты слоя управляют режимами видимости/невидимости и блокировки.

С помощью слоев удобно структурировать составляющие изображение объекты. Обычно графические объекты распределяют по отдельным слоям, соответствующим семантически единым частям изображаемого объекта. Если изображается, например, план здания, то на одном слое могут располагаться графические объекты, соответствующие фундаменту, на другом — стены, на третьем — межкомнатные перегородки, на четвертом — водопроводные трубы и сантехническое оборудование, на пятом — мебель. В географических информационных системах распространена практика помещения поверх карты местности слоев с картой дорог, с расположением предприятий торговли, с муниципальными объектами и т. д. Управляя взаимным расположением

слоев и отключая видимость некоторых из них, можно автоматически получать различные согласованные друг с другом изображения.

В пределах любого слоя составляющие его объекты образуют стопку объектов, в которой можно менять их взаимное расположение. В свою очередь, слои образуют стопку слоев. Внутри этой стопки слои можно переставлять. Дополняя приведенную ранее метафору, будем считать слои пластиковыми конвертами, в которые вложены прозрачные листы с графическими объектами. Конверты, положенные друг на друга в определенной последовательности, образуют стопку слоев. Стопка слоев определяет порядок следования заключенных в слоях частей стопки объектов. Таким образом, любой графический объект имеет четко определенное место вдоль аппликаты.

Все это очень важно при рендеринге векторного изображения. Объект, расположенный выше, при рендеринге перекрывает собой все нижерасположенные объекты в стопке объектов своего слоя и все объекты нижерасположенных слоев.

Методы работы со слоем:

- ☐ Создание.
- ☐ Удаление.
- ☐ Размещение в стопке слоев.
- ☐ Переименование.
- ☐ Управление отображением при рендеринге.
- ☐ Управление блокировкой.
- ☐ Удаление.

Мастер-слои

Мастер-слой — это специальная разновидность слоя, отличающаяся от стандартной тем, что расположенные на нем объекты отображаются на всех страницах многостраничного графического документа.

ПРИМЕЧАНИЕ

Вновь созданный слой сразу появляется в составе стопки слоев для всех страниц графического документа, но в пределах каждой страницы он наполняется графическими объектами индивидуально.

Мастер-слои находятся ниже всех стандартных слоев. Обычно на них располагаются направляющие и объекты, формирующие макетную сетку. Впрочем, при работе над графическими проектами мастер-слои могут использоваться различными способами.

2.7.2. Группы объектов

Группой называется именованная агрегация, позволяющая обращаться с входящими в нее объектами как с единым целым, выполняя преобразования над группой как над одним объектом.

Группы очень часто встречаются при работе над графическими проектами. Основное назначение группы — предотвращать непреднамеренное смещение отдельных объектов, образующих фрагмент изображения, относительно других объектов того же фрагмента. Использование групп упрощает согласованное размещение графических объектов.

В состав группы могут входить не только отдельные объекты, но и другие группы графических объектов. Группа, входящая в другую группу, называется *дочерней*. С помощью дочерних групп можно создавать иерархические структуры, отдельные элементы которых соответствуют отдельным частям изображаемых объектов (рис. 2.7.3), что существенно упрощает работу с моделями, содержащими большое число графических объектов.

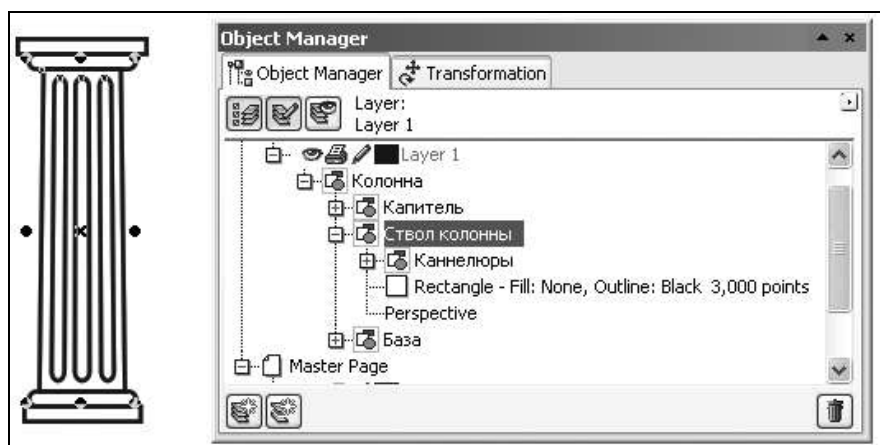


Рис. 2.7.3. Иерархическая структура групп

На рис. 2.7.3 представлено изображение колонны, состоящее из восьми графических объектов. Поскольку это изображение потребуется в качестве фрагмента для построения портика, они все включены в группу с именем "Колонна". Эта группа включает в себя три дочерние группы: "Капитель", "Ствол колонны" и "База". Дочерние группы "Капитель" и "База" состоят из отдельных графических объектов (класса "Прямоугольник"). Группа "Ствол

колонны" включает в себя дочернюю группу "Каннелюры" и отдельный графический объект класса "Прямоугольник".

ПРИМЕЧАНИЕ

Иерархия групп представлена средствами интерфейса CorelDRAW.

Большинство редакторов векторных изображений позволяют выполнять выделение дочерней группы или отдельного объекта в составе группы для выполнения с ним операций редактирования и преобразований, которые не должны распространяться на группы, в которые они входят. На рис. 2.7.3 таким образом выделена дочерняя группа "Ствол колонны".

К специфическим операциям над группами относятся:

- ❑ Создание группы (группирование) — из выделенных графических объектов и ранее созданных групп строится новая группа, которой назначается имя.
- ❑ Разрушение группы (разгруппирование) — выделенная группа разрушается, преобразуясь в совокупность входивших в нее графических объектов и дочерних групп, которые становятся самостоятельными группами.
- ❑ Полное разрушение группы (полное разгруппирование) — выделенная группа и все входившие в нее дочерние группы всех уровней вложенности разрушаются, преобразуясь в совокупность графических объектов.
- ❑ Добавление в группу — выделенный объект (или ранее созданная группа) добавляется в указанную группу.
- ❑ Выведение из группы — выделенный в составе группы графический объект или дочерняя группа выводятся из состава группы, становясь самостоятельными.

2.7.3. Стандартные фрагменты

При работе над графическими проектами достаточно часто приходится сталкиваться с необходимостью многократного повторения одинаковых частей изображения. При небольшом числе таких повторений пользуются операциями копирования, дублирования и клонирования (см. разд. 2.6.8). Однако все эти операции приводят к появлению в составе информационной модели новых экземпляров графических объектов. Из-за этого при большом числе копий размер информационной модели неоправданно увеличивается. Чтобы избежать этого, во многих программах векторной графики имеется возможность воспользоваться стандартными графическими фрагментами.

Стандартным фрагментом называется агрегация графических объектов, внесенная под определенным именем в библиотеку стандартных фрагментов для последующего многократного использования. *Библиотека стандартных фрагментов* — это набор стандартных фрагментов, который сохраняется в составе информационной модели изображения или автономно, в отдельном файле. При наличии в составе графического документа стандартного фрагмента на него вносится ссылка из библиотеки в информационную модель. Ссылка представляет собой не множество копий графических объектов, составляющих стандартный фрагмент, а специальный дескриптор, в котором указывается, откуда следует взять графические объекты стандартного фрагмента при рендеринге, и содержится совокупность параметров, определяющих преобразования, выполненные именно над этим экземпляром стандартного фрагмента.

В частности, для каждого экземпляра стандартного фрагмента задаются параметры:

- ☐ размещения;
- ☐ масштабирования;
- ☐ поворота;
- ☐ зеркального отражения;
- ☐ скоса.

На рис. 2.7.4 представлен пример изображения, составленного из 24-х экземпляров одного и того же стандартного фрагмента. Для некоторых экземпляров фрагмента были заданы индивидуальные коэффициенты масштабирования.

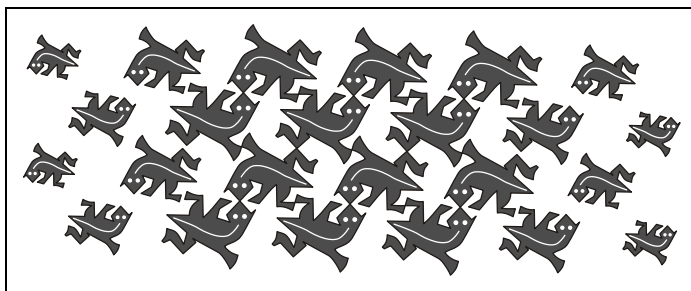


Рис. 2.7.4. Пример изображения, составленного из стандартных фрагментов

К специфическим операциям со стандартными фрагментами относятся:

- ☐ Создание — из выделенных графических объектов создается именованный стандартный фрагмент, описание которого заносится в библиотеку.

- ☐ Удаление — описание стандартного объекта устраняется из библиотеки, и все экземпляры этого фрагмента удаляются из состава изображения.
- ☐ Создание ссылки — к изображению добавляется экземпляр стандартного фрагмента.
- ☐ Удаление ссылки — из изображения удаляется один экземпляр стандартного фрагмента.
- ☐ Параметризация ссылки — изменяются управляющие параметры конкретного экземпляра стандартного фрагмента.
- ☐ Редактирование — изменение описания стандартного фрагмента в библиотеке, после которого все его экземпляры автоматически воспроизводят сделанные изменения.

Механизм стандартных фрагментов может предусматривать вложение стандартных объектов, при котором в описании стандартного фрагмента могут использоваться экземпляры ранее записанных в библиотеку стандартных фрагментов.

Список новых терминов

- ☐ Агрегация
- ☐ Стопка объектов
- ☐ Слой
- ☐ Мастер-слой
- ☐ Стопка слоев
- ☐ Группа
- ☐ Дочерняя группа
- ☐ Стандартный фрагмент
- ☐ Библиотека стандартных фрагментов
- ☐ Ссылка на стандартный фрагмент

Контрольные вопросы

1. С какой целью в информационной модели создаются агрегации графических объектов?
2. Почему при работе с двухмерным изображением приходится упорядочивать графические объекты по третьей координате — аппликату?

3. Почему значение аппликаты не играет роли при рендеринге двухмерного изображения?
4. В чем состоит метафора стопки объектов?
5. Какую роль играет единственный неспецифический атрибут графических объектов, имеющий отношение к стопке объектов?
6. Какие операции влияют на местоположение графического объекта в стопке?
7. Для каких целей используются слои графического документа?
8. В чем состоит метафора стопки слоев?
9. Как слои взаимодействуют со стопкой объектов?
10. Какие операции можно выполнить со слоем?
11. Чем мастер-слой отличается от обычного слоя?
12. Каким образом мастер-слои располагаются в стопке относительно стандартных слоев?
13. Каково назначение группы объектов?
14. Что представляет собой дочерняя группа объектов?
15. Что представляет собой иерархическая структура групп и для чего она используется?
16. Чем полное разгруппирование отличается от обычного?
17. Каково основное преимущество применения стандартных фрагментов?
18. Что представляет собой экземпляр стандартного фрагмента?
19. Где сохраняется описание стандартного фрагмента?
20. Какие операции можно выполнять над экземплярами стандартных объектов?

Темы для обсуждения

1. Изобразительные возможности слоев.
2. Применение мастер-слоев в работе над графическим проектом.
3. Практические варианты структуризации сложного изображения при помощи иерархии вложенных групп.
4. Построение тесселяции при помощи стандартных фрагментов.

2.8. Составные графические объекты

Все графические объекты, составляющие информационную модель векторного изображения, в конечном итоге состоят из замкнутых и незамкнутых линий (с заливкой и обводкой) и пиксельных изображений (импортированных или строящихся автоматически в процессе рендеринга). В предыдущей главе рассматривались агрегации, позволяющие упрощать построение информационной модели за счет повторного использования однажды созданных совокупностей графических объектов.

Здесь рассматриваются составные графические объекты, отличающиеся от агрегаций тем, что часть входящих в их состав графических компонентов — подчиненные объекты — строятся автоматически, а не создаются заранее "вручную". Чтобы такое автоматическое построение стало возможным, определяются классы составных объектов, для каждого из которых фиксируется алгоритм построения подчиненных объектов. Исходные данные для построения подчиненных объектов предоставляются текущим состоянием управляющих объектов и управляющими параметрами составного графического объекта.

Составной графический объект — совокупность управляющих и созданных специальным алгоритмом подчиненных графических объектов, образующая экземпляр объекта соответствующего класса.

Управляющий объект — часть составного графического объекта, определяющая форму, атрибуты и расположение подчиненных графических объектов, входящих в его состав. Каждый раз после изменения атрибутов или редактирования управляющего объекта подчиненные графические объекты удаляются и автоматически порождаются заново.

Подчиненный объект — часть составного графического объекта, автоматически порождаемая специальным алгоритмом по управляющим объектам и значениям управляющих параметров.

В разных графических редакторах реализуются различные составные объекты. В этой главе рассматриваются их наиболее универсальные и часто употребляющиеся классы.

2.8.1. Специальные линии

В категорию специальных линий сведены несколько классов объектов, достаточно сильно отличающихся друг от друга по назначению, структуре и поведению. Объединяет их то, что все они являются составными объектами.

Методы работы с объектами этих классов в векторных графических редакторах реализуются, как правило, двумя способами. Первый — специальный интерактивный инструмент, позволяющий "от руки" строить управляющую линию непосредственно в процессе создания составного объекта. Второй — кнопка на панели инструментов, позволяющая создать составной объект из ранее построенной и выделенной линии, а также перейти к его параметризации с помощью соответствующей панели с управляющими элементами. Первый способ реализует быстрое построение составных объектов, но не обеспечивает достаточной точности. Второй способ — медленнее, но дает возможность точной и детальной настройки. При работе с размерными схемами и коннекторами применение интерактивного инструмента необходимо, как, впрочем, и последующая параметризация.

Плакатное перо

"Плакатное перо" — класс объектов, предназначенный для имитации работы традиционными графическими инструментами — плакатными перьями различной ширины. Отличительная особенность плакатного пера в том, что ширина его пишущей части больше высоты.

Управляющий объект здесь — объект класса "Линия", подчиненный — единственный, он представляет собой замкнутую линию, форма которой определяется управляющей линией и тремя управляющими параметрами пишущей части пера:

- ☐ шириной;
- ☐ пропорциями (отношением высоты к ширине);
- ☐ наклоном к горизонтали.

Форма подчиненного объекта определяется следующим образом. Середина прямоугольника, соответствующего по размерам и пропорциям пишущей части плакатного пера, устанавливается на начальный узел управляющей линии. Прямоугольник разворачивается таким образом, чтобы его длинная сторона была наклонена к горизонтали под углом, заданным управляющим параметром. Затем прямоугольник перемещается по всей длине управляющей линии таким образом, что его середина постоянно находится на ней, и при этом угол наклона к горизонтали не меняется. Подчиненный фрагмент стро-

ится как объединение всех контуров прямоугольника в процессе его перемещения (см. разд. 2.3.6). На рис. 2.8.1 представлены примеры объектов класса "Плакатное перо".

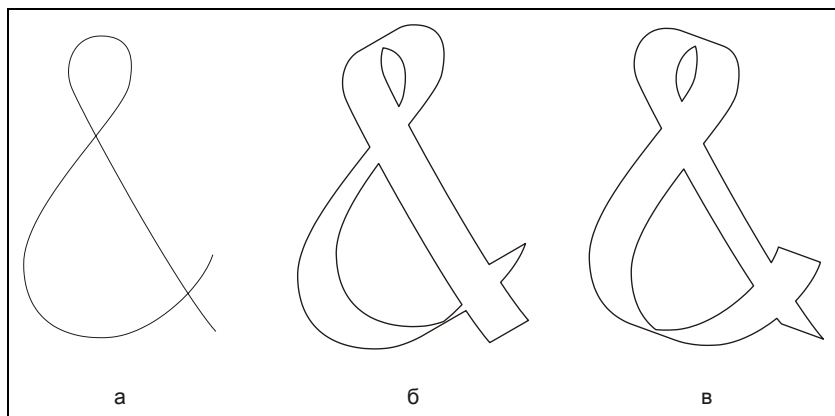


Рис. 2.8.1. Плакатное перо: а — управляющая линия; б — наклон пера 30°; в — наклон пера 160°

ПРИМЕЧАНИЕ

Не следует путать объекты класса "Плакатное перо" с обводкой линии, построенной с помощью методов настройки пишущего инструмента, имитирующих каллиграфические штрихи (см. разд. 2.4.1).

После построения составного объекта у пользователя имеется возможность выделить либо весь составной объект, либо только его управляющую линию. В первом случае можно применять к составному объекту преобразования, воздействуя на его расположение, размеры и форму. Во втором случае можно редактировать управляющую кривую с помощью приемов, описанных в разд. 2.3.4, что приведет к автоматическому перестроению подчиненного объекта. Эти два варианта применимы к большинству классов составных объектов (кроме размерных схем и коннекторов).

При разъединении объекта класса "Плакатное перо" получается два объекта: линия, игравшая роль управляющей, и замкнутая линия в форме подчиненного объекта.

Линии переменной ширины

Класс объектов "Линии переменной ширины" предназначен для имитации работы традиционными графическими инструментами, меняющими ширину пишущей части под нажимом — в первую очередь, пером.

Управляющий объект здесь — объект класса "Линия", подчиненный — единственный, он представляет собой замкнутую линию, форма которой определяется управляющей линией, заготовкой и управляющим параметром — максимальной шириной линии. *Заготовка* — это алгоритм, рассчитывающий ширину линии в каждой ее точке по расстоянию от начального узла направляющей линии и по ее максимальной ширине.

На рис. 2.8.2 представлены управляющая линия и построенные на ее основе с использованием различных заготовок линии переменной ширины.

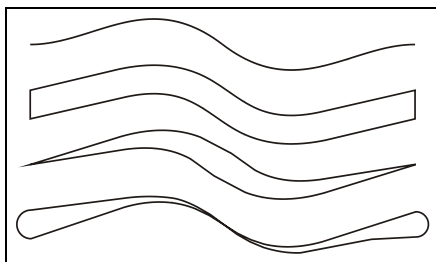


Рис. 2.8.2. Управляющая линия и линии переменной ширины на ее основе

Если управляющая линия состоит из нескольких ветвей (соединенная линия), то определенный заготовкой алгоритм расчета ее ширины выполняется для каждой из ветвей отдельно, как показано на рис. 2.8.3.

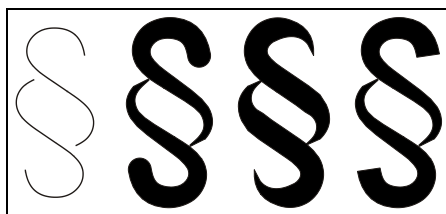


Рис. 2.8.3. Соединенная управляющая линия и линии переменной ширины на ее основе

ПРИМЕЧАНИЕ

Объекты класса "Линия переменной ширины" на самом деле линиями не являются — это составные объекты.

При разъединении объекта класса "Линия переменной ширины" получается два объекта: линия, игравшая роль управляющей, и замкнутая линия в форме подчиненного объекта (возможно, соединенная).

Мазки

Класс "Мазок" включает составные объекты, представляющие собой деформацию по направлению управляющей кривой заранее построенного векторного или пиксельного изображения — *образца* мазка. Деформация состоит в том, что изображение-мазок неравномерно масштабируется таким образом, чтобы его ширина была равна длине управляющей линии, а высота — максимальной ширине составного объекта, заданной управляющим параметром. Затем результат масштабирования искривляется в соответствии с формой управляющей линии.

ПРИМЕЧАНИЕ

Фактически деформация мазка определяется формой огибающей в виде полосы равной ширины, повторяющей форму управляющей линии (см. *разд. 2.8.2*).

Управляющий объект здесь — объект класса "Линия", подчиненный — единственный, он представляет собой группу графических объектов, форма которой определяется управляющей линией, выбранным образцом мазка и управляющим параметром — максимальной шириной линии.

Образцы мазков сохраняются в библиотеке, которая в простейшем варианте представляет собой просто папку с файлами. В комплект поставки векторных редакторов включается несколько стандартных мазков. В дальнейшем библиотеку можно пополнять мазками собственной разработки. На рис. 2.8.4 представлен образец мазка и несколько экземпляров построенных на его основе объектов класса "Мазок" с разными формами управляющей кривой и различными значениями предельной ширины линии.

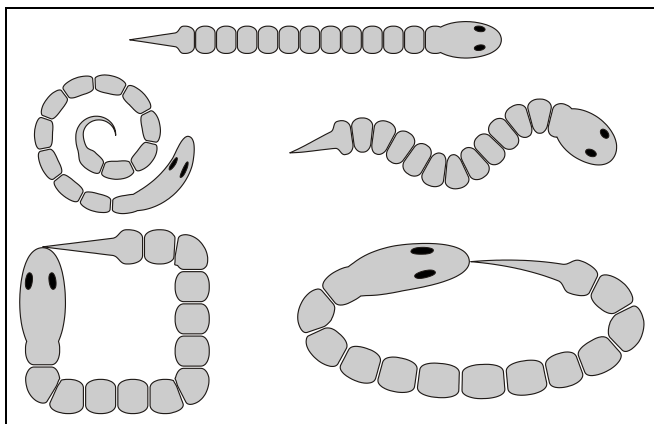


Рис. 2.8.4. Образец мазка и экземпляры объектов класса "Мазок"

При разъединении объекта класса "Мазок" получаются: линия, игравшая роль управляющей, и группа графических объектов, по форме совпадающая с деформированным образцом мазка.

Распылитель

"Распылитель" похож на "Мазок", но в роли образца выступает не одно изображение, а несколько фрагментов, которые могут размещаться вдоль направляющей прямой без деформации, повторяясь в определенном или случайном порядке.

Образец мазка распылителя имеет достаточно сложную структуру, по-разному устроенную в различных векторных редакторах. Большинство из них позволяют управлять размерами отдельных фрагментов изображения, отклонением фрагментов от управляющей линии, порядком появления фрагментов вдоль управляющей линии и углом их поворота. На рис. 2.8.5 представлены два экземпляра объектов класса "Распылитель", построенные на основе одинаковых направляющих линий.

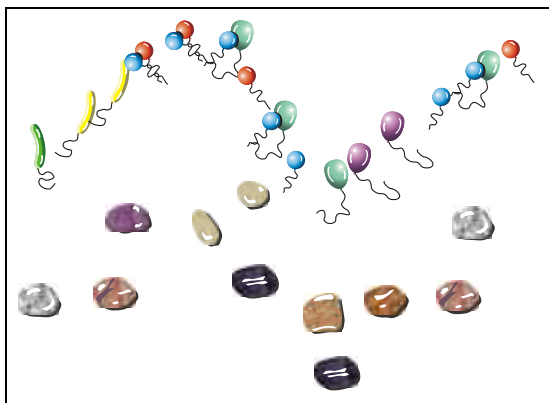


Рис. 2.8.5. Объекты класса "Распылитель"

Размерные схемы

Размерные схемы представляют собой несколько классов составных объектов, предназначенных для простановки размеров на специальные изображения: схемы, планы и чертежи. Изображения такого рода состояются в соответствии с системой стандартов, регламентирующих применяемые условные обозначения и их взаимодействие между собой. В полном объеме информа-

ционная модель размерных схем и других вспомогательных элементов оформления чертежей реализована в векторных редакторах, входящих в состав систем автоматизации проектирования, но ее отдельные элементы имеются практически в любом редакторе векторной графики.

Управляющие объекты здесь — фрагменты изображения, размеры которых должны быть проставлены. При создании составного объекта, принадлежащего к одному из классов размерных схем, на основном изображении интерактивным инструментом указываются точки присоединения, число которых зависит от типа размерной схемы.

Точка присоединения — узел графического объекта основного изображения, при перемещении которого построение подчиненных объектов размерной схемы, включающей в себя этот узел, выполняется заново.

Чаще других размерных схем используются:

- ☐ линейный размер;
- ☐ угловой размер;
- ☐ выноска.

В отличие от ранее рассмотренных составных объектов, в размерных схемах можно редактировать не только управляющий объект. Однако при этом нельзя воздействовать индивидуально на отдельные подчиненные объекты — при редактировании размерной схемы все ее подчиненные объекты изменяются согласованным образом.

Наиболее часто встречаются размерные схемы для линейных размеров. Ее управляющие объекты — две точки присоединения, определяющие длину и направление размерной линии, а также численное значение размера. При построении размерной схемы эти узлы указывают с помощью интерактивного инструмента.

Кроме них, форму подчиненных объектов определяет множество управляющих параметров, задаваемых способом параметризации:

- ☐ расстояние от точек присоединения до размерной линии;
- ☐ наличие и форма наконечников размерной линии;
- ☐ параметры форматирования размерной надписи;
- ☐ параметры размещения размерной надписи;
- ☐ наличие выноски на размерной надписи;
- ☐ параметры обводки подчиненных объектов.

На рис. 2.8.6 представлены примеры размерных схем, соответствующих линейным размерам.

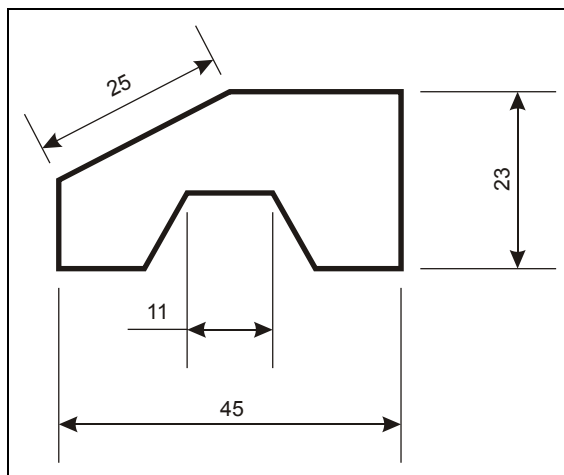


Рис. 2.8.6. Варианты размерных схем линейного размера

Для построения размерной схемы углового размера задается три узла присоединения, соответствующие

- ☐ вершине измеряемого угла;
- ☐ начальному лучу измеряемого угла;
- ☐ конечному лучу измеряемого угла.

При построении размерной схемы эти узлы указывают с помощью интерактивного инструмента.

Основные управляющие параметры у размерной схемы углового размера те же, что у линейного размера. На рис. 2.8.7 представлены два примера таких размерных схем.

В отличие от размерных схем линейного и углового размеров выноски присоединяются к графическим объектам всего в одной точке. Вторая управляющая точка задается интерактивным инструментом относительно точки присоединения и определяет место излома выноски. Третья управляющая точка задает точку привязки текста выноски относительно излома выноски. Способом параметризации задают следующие значения:

- ☐ параметры обводки выносной линии;
- ☐ текст надписи;
- ☐ параметры форматирования надписи.

Точка привязки выноски может не совпадать ни с одним узлом, и тогда подчиненные объекты не будут привязаны ни к каким графическим объектам основного изображения.

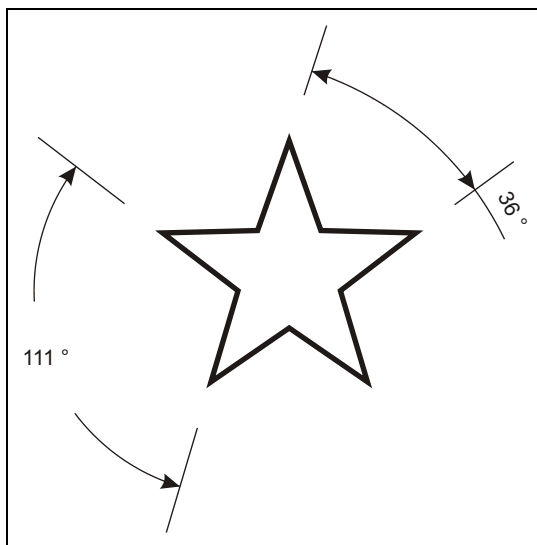


Рис. 2.8.7. Варианты размерных схем углового размера

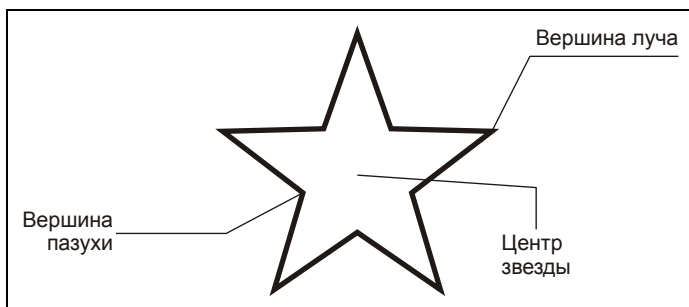


Рис. 2.8.8. Выноски

ПРИМЕЧАНИЕ

В некоторых программных средствах векторной графики в качестве точки присоединения выноски и коннектора (см. следующий раздел) кроме узлов линий графических объектов могут выступать углы, середина и середины сторон габаритного прямоугольника графического объекта.

На рис. 2.8.8 приведены три экземпляра объектов класса "Выноска". Два из них присоединены к узлам звезды, а третий не присоединен.

ПРИМЕЧАНИЕ

В большинстве программ векторной графики информационные модели размерных схем не соответствуют принятой в России системе конструкторской документации. Соответствия можно добиться разъединением размерной схемы с последующим редактированием получившихся графических объектов. Однако это трудоемко, и приводит к разрушению связи основного изображения и элементов размерной схемы.

Коннекторы

Коннектором называется составной графический объект, соответствующий прямой или ломаной линии, присоединяющийся своими краевыми узлами к точкам соединения двух графических объектов основного изображения.

Управляющие объекты здесь — точки присоединения, а подчиненный — линия, их соединяющая. Возможно два варианта соединения — отрезком прямой или ломаной, состоящей из минимально возможного числа вертикальных и горизонтальных отрезков, достаточного для соединения. В середине каждого из отрезков подчиненного объекта и в местах излома формируются управляющие точки, перемещая которые можно изменять форму коннектора. Кроме того, эти точки могут выступать в качестве точек присоединения других коннекторов, что позволяет строить достаточно сложные графические структуры, автоматически изменяющие свою форму при перемещении управляющих объектов.

Коннекторы чаще всего требуются при построении различных схем.

На рис. 2.8.9 правый коннектор присоединен к верхнему и правому элементу блок-схемы, а левый — к левому элементу и управляющей точке правого коннектора.

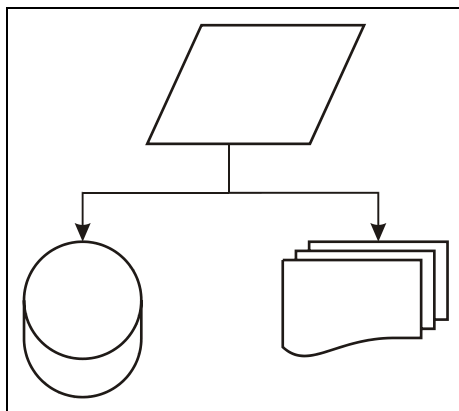


Рис. 2.8.9. Коннекторы в блок-схеме

2.8.2. Огибающие и деформации

Огибающие и деформации представляют собой специфические классы составных объектов. Они позволяют обратимо видоизменять внешний вид исходного графического объекта, автоматически добавляя к нему *объекты-модификаторы*. В составном объекте объект-модификатор играет роль управляющего, а подчиненный объект строится по определенному алгоритму, который использует в качестве входных данных исходный графический объект. Исходный графический объект тоже становится управляющим, но в этом состоянии его нельзя редактировать, и он не отображается.

ПРИМЕЧАНИЕ

Кроме огибающих и деформаций к классам составных объектов, в которых управляющим выступает объект-модификатор, относятся линзы и фигурная обрезка (см. разд. 2.8.7 и 2.8.9 соответственно). Но для этих классов составных объектов объект-модификатор не создается автоматически, как для огибающих и деформаций, а строится специально.

Огибающие и деформации объединяют схожие методы преобразования части изображения, состоящей из единственного графического объекта произвольного типа или группы объектов. Составленное из них изображение как бы наносится на эластичную пленку, которая деформируется в соответствии с типом и управляющими параметрами преобразования.

Огибающие

Класс составных объектов "*Группа огибающей*" предназначен для деформирования части исходного изображения, имитирующего растягивание или сжатие эластичной пленки с изображением в соответствии с изменением формы ее границы по огибающей линии.

Огибающая линия — управляющий объект составных объектов класса "*Группа огибающей*", определяющая форму деформации подчиненного объекта. При создании объекта класса "*Группа огибающей*" вокруг выделенного графического объекта (или группы) автоматически создается замкнутая кривая прямоугольной формы, редактируя узлы и сегменты которой (см. разд. 2.3.4), пользователь может менять ее форму, что приводит к изменению формы подчиненного объекта огибающей. Подчиненный объект в момент создания огибающей совпадает по виду с исходным. Сам исходный объект в составе группы огибающей не отображается — его замещает подчиненный.

ПРИМЕЧАНИЕ

В процессе редактирования огибающей линии она не должна превращаться в незамкнутую, поэтому на арсенал приемов редактирования линий накладываются определенные ограничения (в частности, нельзя разрезать узлы).

На форму огибающей линии можно наложить дополнительные ограничения, фиксирующие границы ее изменения. Эти ограничения формулируются применительно к сторонам исходного прямоугольника огибающей линии:

- ❑ Прямая — при таком ограничении любая из четырех сторон огибающей линии должна представлять собой единственный прямолинейный сегмент.
- ❑ Дуга — при этом сторона огибающей представляет собой криволинейный сегмент, форма которого полностью определяется положением направляющих рукояток ограничивающих его узлов.
- ❑ Волна — при этом сторона огибающей представляет собой два криволинейных сегмента, форма которых полностью определяется положением направляющих рукояток трех узлов, два из которых расположены по краям стороны огибающей линии, и еще один — между ними.

При отсутствии дополнительных ограничений все четыре стороны огибающей линии представляют собой произвольные линии, что позволяет придавать ей любую форму.

После каждого изменения формы огибающей линии исходный объект заново преобразуется в подчиненный. Способ преобразования определяется выбором одного из следующих режимов:

- ❑ По горизонтали — исходный объект масштабируется так, чтобы габаритные прямоугольники объекта и огибающей линии совпали, а затем его точки смещаются по горизонтали внутрь этой линии (рис. 2.8.10, в).
- ❑ По вертикали — исходный объект масштабируется так, чтобы габаритные прямоугольники объекта и огибающей линии совпали, а затем его точки смещаются по вертикали внутрь этой линии (рис. 2.8.10, г).
- ❑ По углам — исходный объект деформируется так, чтобы угловые точки его габаритного прямоугольника и огибающей линии совпали (рис. 2.8.10, д).

В процессе деформации объекта при "подгонке" его формы к огибающей линии возможно сохранение прямолинейности тех сегментов подчиненного объекта, которые были прямолинейны в исходном (рис. 2.8.10, е).

Если в роли исходного объекта огибающей выступает рамка простого текста, то содержащиеся в ней символы не меняют своей формы ни при каком режиме преобразования — меняется только форма границы рамки простого текста, что может привести к повторной свертке строк, т. е. разбиению текста

на строки в других местах. На рис. 2.8.11 представлена рамка простого текста в процессе редактирования огибающей.

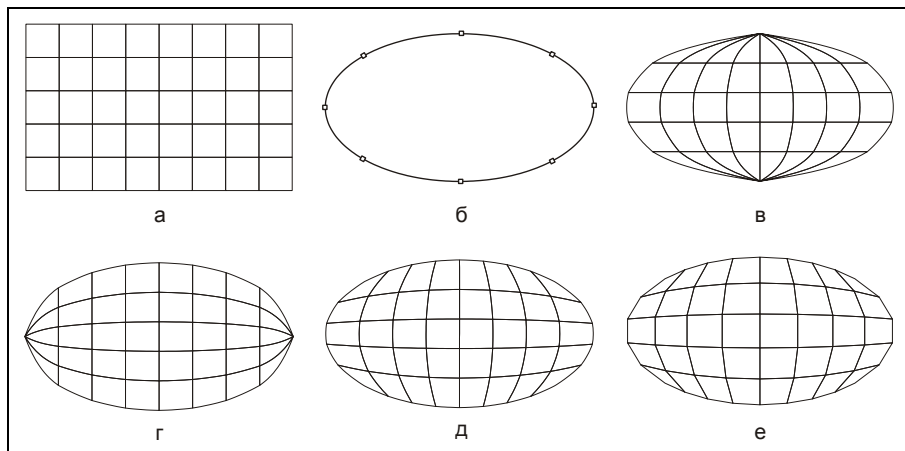


Рис. 2.8.10. Огибающие: а — исходный объект; б — огибающая линия; в — преобразование по горизонтали; г — преобразование по вертикали; д — преобразование по углам; е — преобразование по углам с сохранением прямых



Рис. 2.8.11. Преобразование формы рамки простого текста с помощью огибающей

Центробежная и центростремительная деформации

Классы составных объектов "Деформация", так же, как класс "Группа огибающей", предназначены для обратимого преобразования исходного объекта. Они отличаются от огибающих тем, что управляющий объект в них недоступен

пен для непосредственного редактирования (как огибающая линия), и изменяется только параметрическим способом.

Деформации — несколько классов составных объектов, предназначенных для неразрушающего деформирования исходного изображения с помощью объектов-модификаторов, недоступных для непосредственного редактирования в интерактивном режиме.

Исходный объект (или группа объектов) сохраняется в составном объекте, но не отображается. Вместо него отображается подчиненный объект, построенный по алгоритму, соответствующему типу деформации.

ПРИМЕЧАНИЕ

В большинстве деформаций исходный и подчиненный объекты до задания значений управляющих параметров деформации по форме совпадают.

К методам, общим для всех классов деформаций, относятся:

- ❑ Создание составного объекта класса деформации — в результате создается управляющий объект, скрывается исходный и строится первичная версия подчиненного объекта.
- ❑ Настройка управляющего объекта — в результате изменяется форма управляющего объекта и/или значения управляющих параметров деформации с соответствующим изменением формы подчиненного объекта.
- ❑ Разрушение составного объекта класса деформации — в результате управляющий и подчиненный объекты уничтожаются и восстанавливается видимость исходного.

При *центростремительной* деформации узлы подчиненного объекта смещаются относительно узлов исходного по направлению к центру деформации на величину, определяемую *амплитудой*, при *центробежной* — от центра деформации.

Амплитуда выражается в процентах и показывает, на какую часть расстояния от центра деформации будет смещен узел подчиненного объекта. При амплитуде -25 все узлы будут приближены к центру на четверть исходного расстояния, а при 100 — станут в два раза дальше от центра деформации. На рис. 2.8.12 показано влияние амплитуды на форму подчиненного объекта.

ПРИМЕЧАНИЕ

На рис. 2.6.12 в качестве исходного объекта показан правильный восьмиугольник, у которого в серединах сторон расположены дополнительные узлы типа "Точка излома".

Кроме амплитуды, для центробежной и центростремительной деформации определяется смещение центра деформации относительно середины габарит-

ного прямоугольника, охватывающего исходный объект. Эти управляющие параметры задаются с помощью интерактивного инструмента деформации (воздействием на ее управляющую схему) или способом параметризации (вводом чисел в управляющие поля панели инструментов). На рис. 2.8.13 показано влияние смещения центра деформации (обозначен черной точкой) на внешний вид подчиненного объекта.

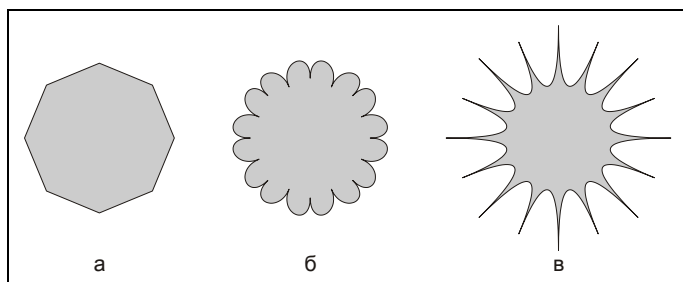


Рис. 2.8.12. Влияние амплитуды преобразования на форму подчиненного объекта: а — исходный объект; б — амплитуда -20%; в — амплитуда 50%

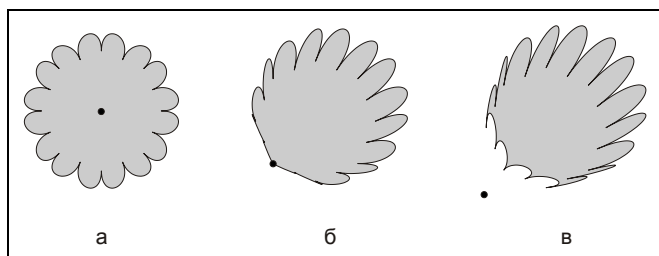


Рис. 2.8.13. Влияние смещения центра деформации на форму подчиненного объекта: а — центр деформации не смещался; б — центр деформации совмещен с одним из узлов исходного объекта; в — центр деформации смещен за границу исходного объекта

Деформация зигзага

Зигзаг, так же, как центробежная/центростремительная деформация, предполагает смещение узлов объекта. Только при этой деформации узлы подчиненного объекта смещаются через один: одна половина в направлении от центра деформации, а другая — к центру. Величина смещения узлов подчиненного объекта относительно узлов исходного определяется *амплитудой*. Кроме того, подчиненный объект может содержать большее число узлов, чем исходный. Дополнительные узлы вставляются на равном расстоянии между смежными узлами исходного объекта. Их число задается *частотой*.

На рис. 2.8.14 представлены три варианта деформации зигзага — при амплитуде, равной 25%, частота в них меняется.

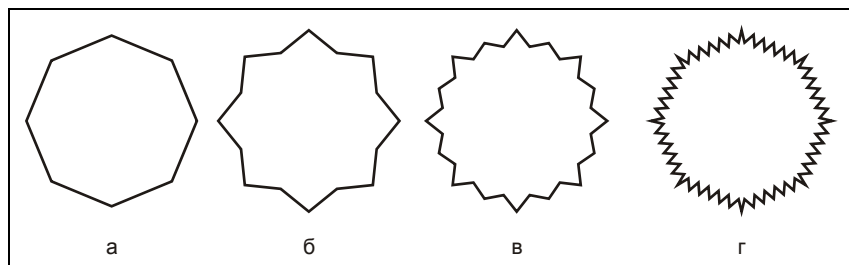


Рис. 2.8.14. Влияние частоты деформации на форму подчиненного объекта:
а — исходный объект; б — частота 0;
в — частота 1; г — частота 5

На рис. 2.8.15 представлены три варианта деформации зигзага — при частоте, равной нулю, амплитуда в них меняется.

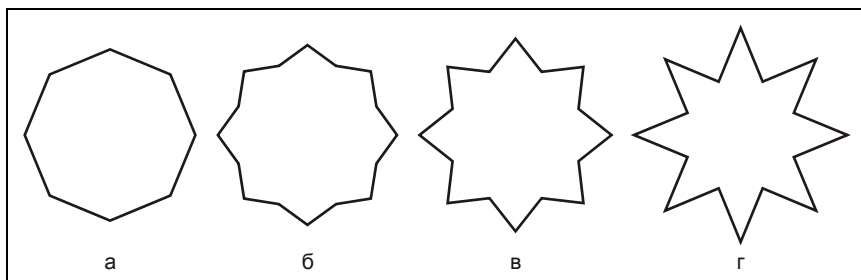


Рис. 2.8.15. Влияние амплитуды деформации на форму подчиненного объекта:
а — исходный объект; б — амплитуда 20%;
в — амплитуда 50%; г — амплитуда 100%

Деформация скручивания

При *скручивании* фиксируется центр деформации. После этого изображение "закручивается" вокруг центра деформации на заданный угол. Угол, на который разворачивается та или иная точка изображения, обратно пропорционален удаленности этой точки от центра на исходном изображении. Наиболее удаленная от центра деформации точка исходного объекта остается неподвижной в подчиненном объекте.

Для деформации скручивания задаются следующие управляющие параметры:

- угол скручивания;
- смещение центра деформации относительно середины габаритного прямоугольника исходного объекта.

На рис. 2.8.16 приведены примеры деформации с различными значениями угла скручивания.

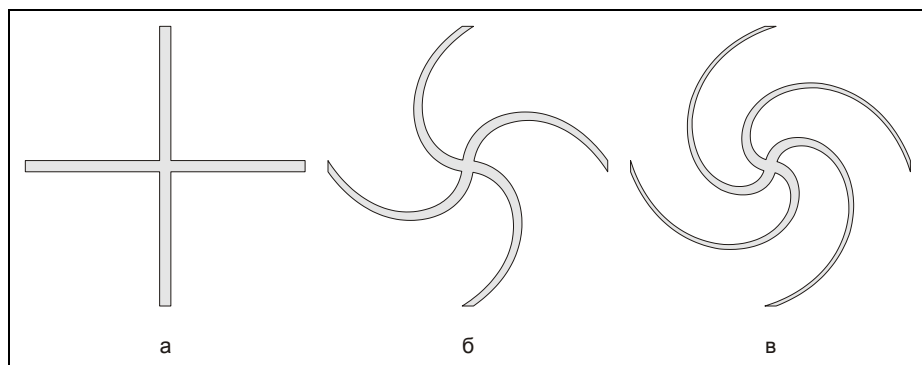


Рис. 2.8.16. Влияние угла скручивания на форму подчиненного объекта:
 а — исходный объект; б — угол скручивания 90° ; в — угол скручивания 180°

На рис. 2.8.17 приведены примеры деформации с одинаковыми значениями угла скручивания, но по-разному расположенными центрами деформации (они обозначены точками).

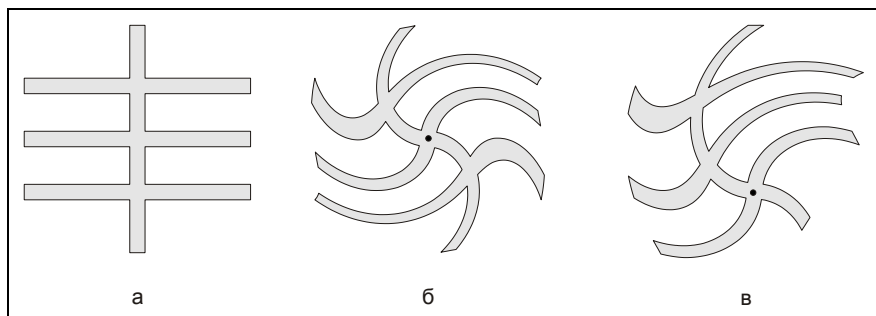


Рис. 2.8.17. Влияние смещения центра деформации на форму подчиненного объекта:
 а — исходный объект; б — центральная деформация скручивания;
 в — деформация скручивания со смещенным центром.

2.8.3. Перспектива

Как следует из названия, класс составных объектов "*Группа перспективы*" предназначен для реализации эффектов, имитирующих объем и глубину изображения. Перспектива представляет собой частный случай группы огибающей (см. разд. 2.8.2), при которой огибающая кривая всегда состоит из четырех прямолинейных сегментов.

Для удобства работы автоматически создаваемый управляющий объект группы перспективы отображается в виде сетки, состоящей из прямоугольных ячеек, с узлами, расположенными по углам. До настройки перспективы узлы располагаются в вершинах прямоугольника. Настройка состоит в перемещении узлов. Точки, в которых пересекаются продолжения противоположных сторон управляющего объекта, называются *точками схода* перспективы. Они обозначаются специальными графическими маркерами, которые упрощают настройку деформации перспективы.

Настройка перспективы обычно выполняется интерактивным инструментом. На рис. 2.8.18 представлен пример построения группы перспективы.

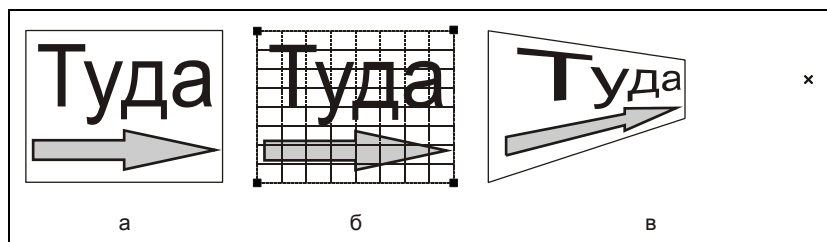


Рис. 2.8.18. Группа перспективы: а — исходный объект; б — составной объект до настройки; в — подчиненный объект и точка схода после настройки

2.8.4. Тени

Составные объекты класса "*Падающая тень*" предназначены для имитации объемности и глубины сцены за счет добавления к ней элементов светотеневой картины. Тень — пиксельное изображение, являющееся подчиненным объектом составного объекта класса "*Падающая тень*". Управляющий объект в нем — замкнутый графический объект. В качестве управляющего могут выступать объекты и их группы различных классов за исключением некоторых классов составных объектов, например, тел экструзии (см. разд. 2.8.5) или других падающих теней.

Особенность составного объекта "Падающая тень" состоит в том, что его подчиненный объект не векторный, а пиксельный. При разъединении такого составного объекта получается импортированный пиксельный объект, имитирующий тень, но не меняющийся при изменении объекта, бывшего ранее управляющим.

На процесс построения подчиненного объекта-тени оказывают влияние следующие неспецифические управляющие параметры тени:

- ☐ тип перспективы;
- ☐ угол поворота;
- ☐ смещение;
- ☐ плотность;
- ☐ цвет;
- ☐ амплитуда размытия;
- ☐ растворение;
- ☐ растяжка.

Рассмотрим эти параметры более подробно.

Тип перспективы тени определяет расположение подчиненного объекта по отношению к управляющему. Различают следующие типы перспективы (рис. 2.8.19):

- ☐ плоская тень;
- ☐ тень снизу;
- ☐ тень сверху;
- ☐ тень слева;
- ☐ тень справа.

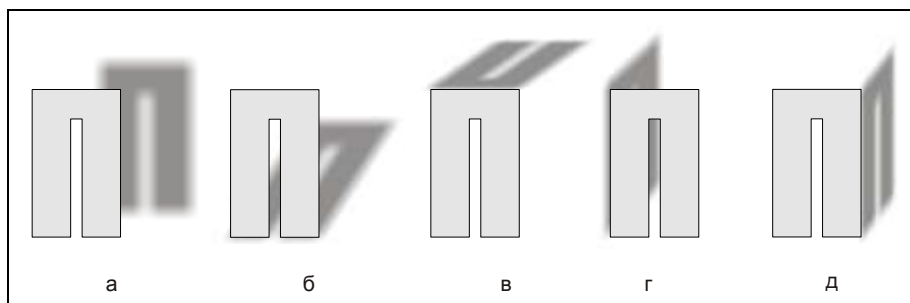


Рис. 2.8.19. Типы перспективы тени: а — плоская; б — тень снизу; в — тень сверху; г — тень слева; д — тень справа

Угол поворота — значение, определенное для всех типов перспективы, кроме плоской тени. Влияние угла поворота на вид подчиненного объекта представлено на рис. 2.8.20.

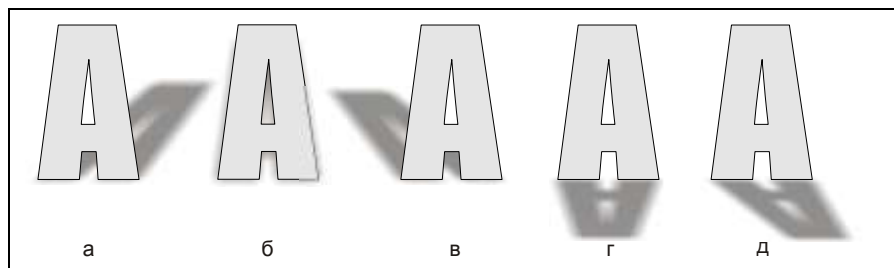


Рис. 2.8.20. Влияние угла поворота на вид тени. Угол наклона равен:
а — 45°; б — 90°; в — 135°; г — -90°; д — -45°

Смещение определено только для плоской тени. Его значение определяет расстояние от подчиненного объекта от управляющего объекта.

Плотность и цвет тени определяют характеристики цветового оттенка, использующегося для ее имитации. Цвет задает цветовую формулу, а плотность — оттенок монохромной шкалы (см. разд. 1.3.3). На рис. 2.8.21 представлены четыре варианта оттенка тени.

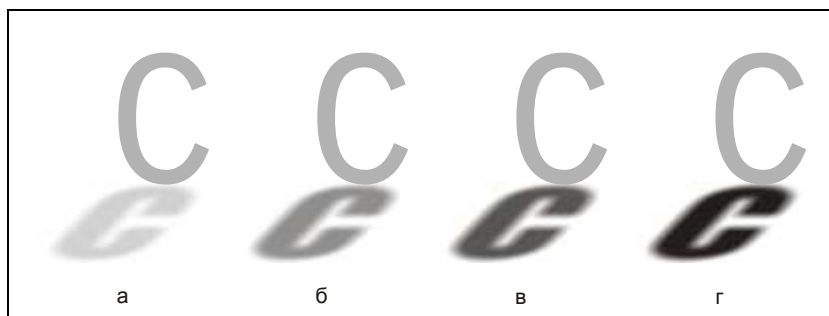


Рис. 2.8.21. Тени различных оттенков черного цвета:
а — 25%; б — 50%; в — 75%; г — 100%

Размытие — постепенное увеличение прозрачности объекта по краям до полного исчезновения цвета его заливки. *Амплитуда размытия* — относительная величина, выраженная в процентах от половины габарита тени (рис. 2.8.22), определяет ширину зоны этого эффекта.

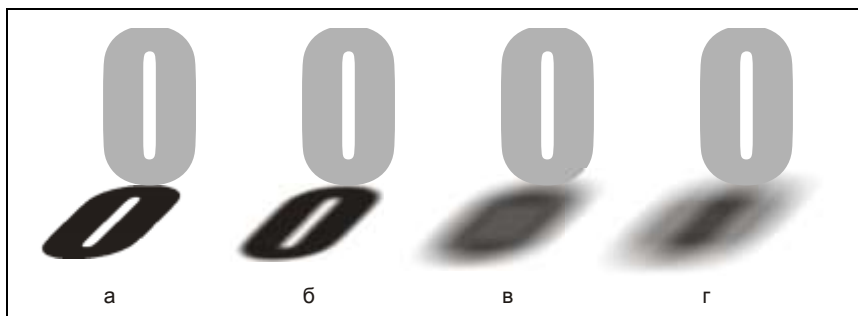


Рис. 2.8.22. Тени с различной амплитудой размытия:
а — 0%; б — 10%; в — 50%; г — 75%

ПРИМЕЧАНИЕ

Некоторые редакторы векторной графики обеспечивают более тонкую настройку зоны размытия за счет ее позиционирования относительно края тени и введения элемента рандомизации в построение тени.

Растворение — линейное увеличение светлоты тени по мере удаления от объекта, эту тень отбрасывающего. Числовое значение растворения задает степень увеличения светлоты цвета тени в ее точке, максимально удаленной от управляющего объекта. На рис. 2.8.23 представлены тени с различным значением растворения.

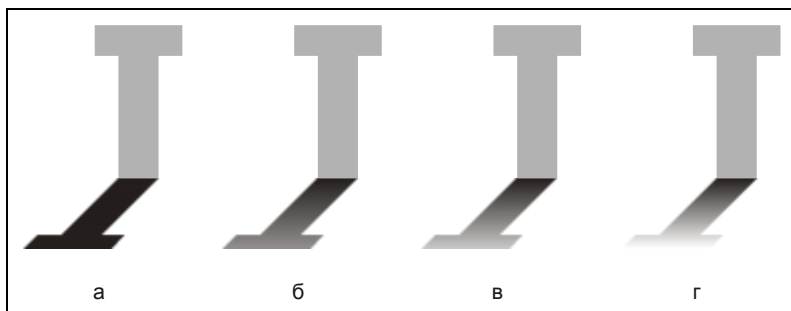


Рис. 2.8.23. Растворение тени: а — 0%; б — 25%; в — 50%; г — 100%

Растяжка — неравномерное масштабирование подчиненного объекта вдоль направления тени. Задается относительной величиной, выраженной в процентах от исходного размера тени (рис. 2.8.24).



Рис. 2.8.24. Растяжка тени: а — 25%; б — 50%; в — 100%; г — 150%

ПРИМЕЧАНИЕ

Тень в составном объекте класса "Падающая тень" имитируется пиксельным изображением. Поэтому можно задать режим наложения этого изображения на лежащие ниже него графические объекты (см. разд. 3.4.2). В некоторых графических редакторах векторной графики имеется возможность в явном виде задать режим наложения тени.

2.8.5. Экструзия

Экструзией или выдавливанием называется метод изготовления тел в форме обобщенного цилиндра путем продавливания твердеющей массы через фасонное отверстие. *Группа экструзии* — класс составных объектов, имитирующих внешний вид тел, полученных методом выдавливания через отверстие в плоском листе.

Составные объекты класса "*Группа экструзии*" позволяют по поперечному сечению такого обобщенного цилиндра строить его аксонометрическую проекцию, имитируя эффект перспективы. Управляющим объектом в классе "*Группа экструзии*" служит замкнутый графический объект (чаще всего линия, графический примитив или блок фигурного текста).

Подчиненный объект представляет собой боковые поверхности тела экструзии, построенные с учетом формы управляющего объекта и управляющих параметров.

На процесс построения подчиненного объекта оказывают влияние следующие управляющие параметры:

- ☐ тип экструзии;
- ☐ длина тела экструзии;
- ☐ координаты точки схода;
- ☐ параметры описания заливки.

Первые три параметра устанавливаются в процессе построения составного объекта — базового тела экструзии — с помощью интерактивного инструмента и панели инструментов. Остальные параметры задаются в процессе настройки тела экструзии.

Базовые тела экструзии

Тип экструзии — параметр, определяющий метод проецирования, с помощью которого строятся боковые поверхности тела экструзии — подчиненного объекта. Тип экструзии фиксирует взаимное расположение точки схода и управляющего объекта, а также соотношение их размеров. Всего насчитывается шесть типов экструзии:

- ❑ Назад с уменьшением — боковые ребра тела экструзии строятся от узлов управляющего объекта в направлении на точку схода, расположенную за управляющим объектом (рис. 2.8.25, *а*). Задняя грань тела экструзии меньше по размерам, чем управляющий объект.
- ❑ Вперед с уменьшением — боковые ребра тела экструзии строятся от узлов управляющего объекта в направлении на точку схода, расположенную перед управляющим объектом (рис. 2.8.25, *б*). Передняя грань тела экструзии меньше по размерам, чем управляющий объект.
- ❑ Назад с увеличением — боковые ребра тела экструзии строятся от узлов управляющего объекта в направлении от точки схода, расположенной перед управляющим объектом (рис. 2.8.25, *в*). Передняя грань тела экструзии меньше по размерам, чем управляющий объект.
- ❑ Вперед с увеличением — боковые ребра тела экструзии строятся от узлов управляющего объекта в направлении от точки схода, расположенной за управляющим объектом (рис. 2.8.25, *г*). Передняя грань тела экструзии больше по размерам, чем управляющий объект.
- ❑ Назад параллельно — точка схода удалена в бесконечность за управляющий объект. Боковые ребра тела экструзии строятся от узлов управляющего объекта в направлении, соответствующем заднему плану (рис. 2.8.25, *д*). Передняя и задняя грани тела экструзии совпадают по форме и размерам.
- ❑ Вперед параллельно — точка схода удалена в бесконечность перед управляющим объектом. Боковые ребра тела экструзии строятся от узлов управляющего объекта в направлении, соответствующем переднему плану (рис. 2.8.25, *е*). Передняя и задняя грани тела экструзии совпадают по форме и размерам.

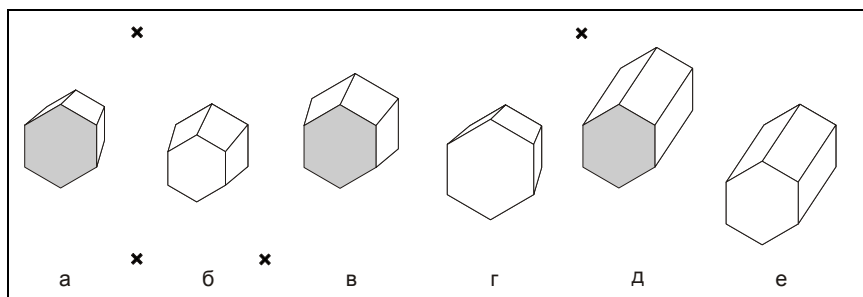


Рис. 2.8.25. Типы экструзии

ПРИМЕЧАНИЕ

Управляющие объекты всех шести приведенных на рис. 2.8.25 тел экструзии — одинаковые шестиугольные замкнутые кривые, центры которых расположены на одной горизонтали. Точки схода четырех левых объектов помечены косыми крестиками.

Длина тела экструзии задается интерактивно или способом параметризации. Она определяет расстояние между центрами габаритных прямоугольников передней и задней граней тела экструзии, измеренное вдоль линии, соединяющей их. Это относительная величина, выраженная в процентах от расстояния до точки схода от более удаленного от нее центра упомянутых ранее габаритных прямоугольников. На рис. 2.8.26 представлены тела экструзии с различной длиной.

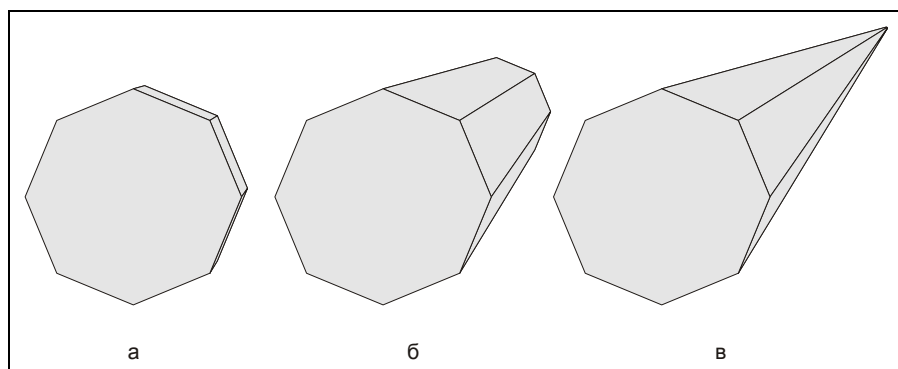


Рис. 2.8.26. Тела экструзии различной длины: а — 5%; б — 50%; в — 99%

Понятие точки схода определено только для первых четырех типов экструзии, имитирующих центральное проецирование. Ее расположение может

задаваться относительно центра габаритного прямоугольника управляющего объекта или относительно системы координат страницы графического документа. И в том, и в другом случае ее координаты задаются парой чисел.

Если координаты точки схода заданы относительно центра габаритного прямоугольника управляющего объекта, то при перемещении составного объекта "Группа экструзии" его вид не изменяется. Когда координаты точки схода заданы в системе координат страницы, подчиненный объект при перемещении составного объекта будет построен заново.

Для двух параллельных типов экструзии вместо точки схода задаются координаты центра габаритного прямоугольника задней грани тела экструзии. Длина тела экструзии для параллельных типов не определена.

Заливка тел экструзии

Для объектов класса "Группа экструзии" заливка может назначаться отдельно для управляющего и подчиненного объектов. Возможно применение заливок практически всех типов (см. разд. 2.4.2–2.4.4), но, во избежание разрушения иллюзии перспективы, в большинстве случаев выбирают однородные и градиентные заливки. При этом градиентная заливка применяется для боковых поверхностей тела экструзии только для усиления иллюзии геометрической перспективы за счет изменения оттенка цвета боковой грани по мере удаления от наблюдателя.

Чаще всего для заливки применяется один из трех вариантов:

- ❑ Распространение заливки управляющего объекта на подчиненный объект (рис. 2.8.27, а).

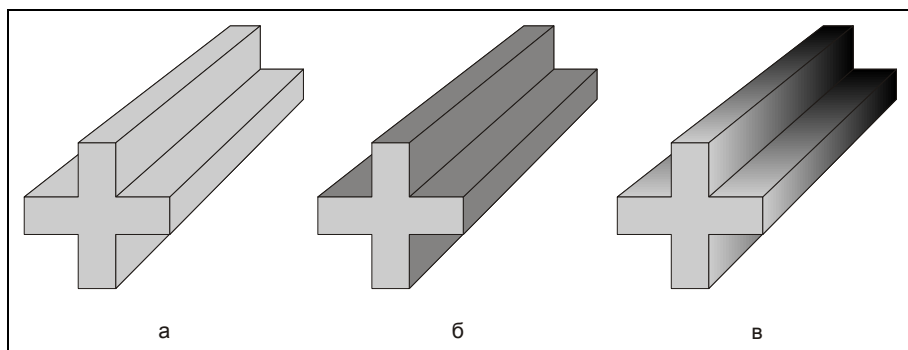


Рис. 2.8.27. Заливка составных объектов типа "Группа экструзии"

- ❑ Независимая однородная заливка подчиненного объекта (рис. 2.8.27, б).
- ❑ Градиентная заливка по линейной схеме (см. разд. 2.4.3) боковых граней тела экструзии с опорными линиями по сегментам управляющего объекта (рис. 2.8.27, в).

Освещение тел экструзии

Иллюзия трехмерности изображения тела экструзии может усиливаться за счет дополнительного тонирования его боковых граней, имитирующего освещение. Иллюзия подсветки создается моделированием точечных источников света. Пользователь может указывать расположение таких источников относительно тела экструзии и их интенсивность (как правило, расположение источников ограничивается фиксированными позициями).

На рис. 2.8.28 приведены изображения одного и того же тела экструзии без подсветки и с подсветкой одним и двумя источниками света.

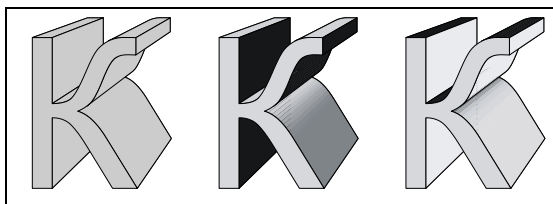


Рис. 2.8.28. Влияние подсветки на вид тела экструзии

Из-за упрощенного характера модели, использующейся для расчета светотеневой картины в редакторах векторной графики, ожидать высокой точности изображения не приходится — такие задачи целесообразнее решать с помощью программ трехмерного моделирования.

Вращение тел экструзии

Для удобства работы с составными объектами класса "Группа экструзии" в интерфейс этого класса объектов добавляют специфический вариант реализации метода перемещения точки схода, совмещенного с неравномерным масштабированием и поворотом управляющего объекта — инструменты вращения тела экструзии. Вращением тела экструзии называется изменение управляющих параметров проецирования, вызывающее визуальный эффект поворота тела экструзии в трехмерном пространстве.

Вращение выполняется с помощью интерактивного инструмента или вводом значений углов поворота вокруг трех осей координат.

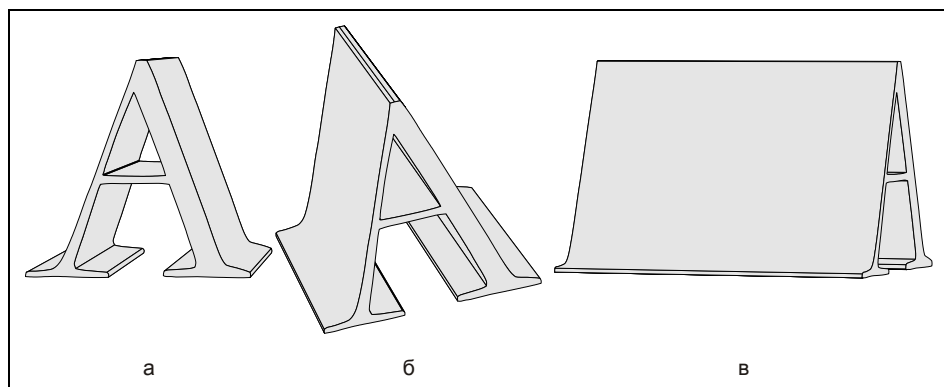


Рис. 2.8.29. Вращение тела экструзии: а — исходное положение;
б — разворот вокруг каждой из осей координат на 10° ;
в — разворот вокруг оси y на 60°

2.8.6. Пошаговые переходы и ореолы

Пошаговые переходы и ореолы объединяет то, что в этих классах составных объектов пользователь может управлять количеством создаваемых при их построении или редактировании подчиненных объектов. И пошаговые переходы, и ореолы очень часто используются в работе над векторными графическими проектами для построения большого числа закономерно изменяющихся объектов (например, с целью имитации плавного изменения цвета или равномерного размещения одинаковых объектов).

Пошаговым переходом или *превращением* называется составной объект, включающий в себя два, три или более управляющих и совокупность подчиненных объектов. Форма, обводка и заливка подчиненных объектов строится таким образом, чтобы их упорядоченная совокупность фиксировала стадии последовательного преобразования начального управляющего объекта в конечный. На рис. 2.8.30 приведен пример простого пошагового перехода с двумя управляющими и четырьмя подчиненными объектами.

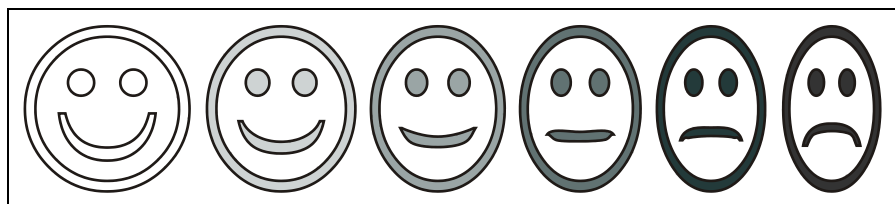


Рис. 2.8.30. Управляющие и подчиненные объекты пошагового перехода

Базовые пошаговые переходы

Базовым называется пошаговый переход с двумя управляющими объектами (начальным и конечным) в том виде, в каком он находится сразу же после создания составного объекта, но до начала его редактирования. Все управляющие параметры пошагового перехода имеют значения, заданные по умолчанию.

В базовом пошаговом переходе подчиненные объекты равномерно размещаются вдоль прямой, соединяющей центры габаритных прямоугольников управляющих объектов. Управляющими могут быть графические объекты почти всех классов и группы таких объектов (за исключением составных и импортированных пиксельных объектов). При построении базового пошагового перехода управляющие объекты поочередно указываются интерактивным инструментом. Какой из них будет начальным, а какой — конечным, определяется по их взаимному расположению в стопке объектов (см. разд. 2.7.1). Начальным всегда является объект, расположенный в стопке ниже. Подчиненные объекты располагаются в стопке таким образом, что любой из них перекрывает все подчиненные объекты, расположенные ближе него к начальному управляющему объекту.

До выполнения базового пошагового перехода создаются и размещаются графические объекты, которые будут играть роль управляющих, и задается число подчиненных объектов. В ходе последующей настройки можно управлять размещением подчиненных объектов с помощью параметра ускорения.

Ускорением размещения называется замена линейной функции расчета координат точки привязки подчиненного объекта в зависимости от его порядкового номера, на нелинейную. На рис. 2.8.31 представлены два варианта изменения стандартного значения ускорения.

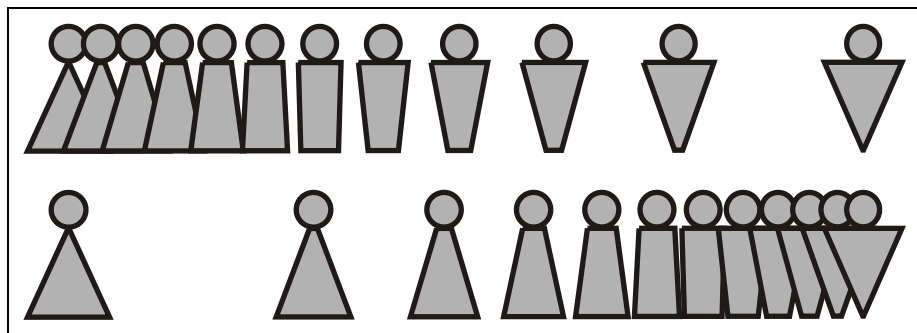


Рис. 2.8.31. Влияние ускорения размещения на вид пошагового перехода

Для пошагового перехода кроме ускорения размещения можно задавать *ускорение обводки и заливки*. Эта величина позволяет влиять на скорость, с которой меняются значения параметров, управляющих атрибутами заливки и обводки подчиненных объектов пошагового перехода. На рис. 2.8.32 представлено два пошаговых перехода, для верхнего из них ускорение обводки и заливки уменьшено по сравнению со стандартным, для нижнего — увеличено.

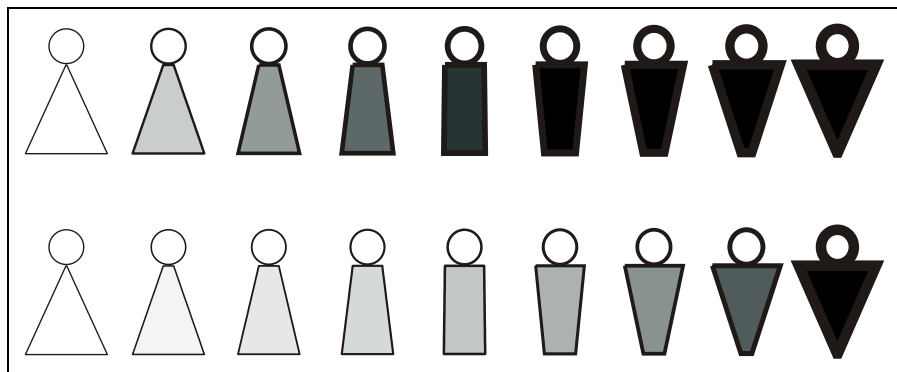


Рис. 2.8.32. Влияние ускорения обводки и заливки на вид пошагового перехода

Ускорение размещения подчиненных объектов и ускорение обводки и заливки по умолчанию изменяются согласованно, но, при необходимости, это можно делать раздельно.

Управляющие параметры базового пошагового перехода:

- ☐ число подчиненных объектов;
- ☐ координаты и углы поворота управляющих объектов;
- ☐ ускорение размещения;
- ☐ ускорения обводки и заливки.

Основные операции над базовыми пошаговыми переходами:

- ☐ Создание — последовательно указываются начальный и конечный управляющие объекты, и строится принятое по умолчанию число промежуточных объектов, размещенных по прямой, соединяющей центры управляющих объектов.
- ☐ Изменение числа промежуточных объектов.
- ☐ Изменение значений ускорений.
- ☐ Перемещение управляющих объектов.

- ❑ Редактирование управляющих объектов.
- ❑ Разъединение — подчиненные и управляющие объекты становятся независимыми.
- ❑ Удаление — подчиненные объекты удаляются, а управляющие объекты становятся независимыми.

Пошаговые переходы по траектории

Важная особенность пошаговых переходов — возможность размещения подчиненных объектов не по прямой линии, а по заранее построенной замкнутой или незамкнутой траектории. На рис. 2.8.33 в качестве такой траектории использован эллипс.

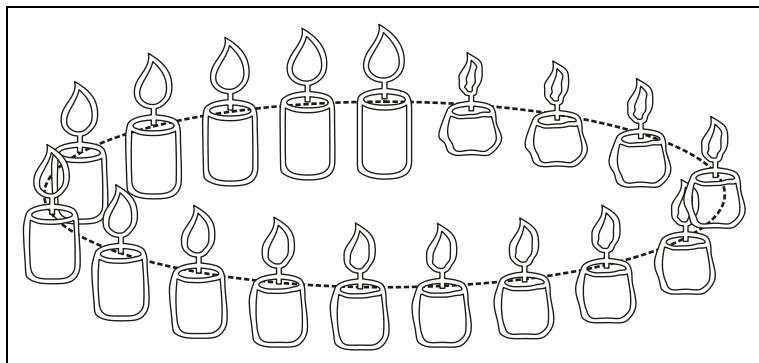


Рис. 2.8.33. Пошаговый переход по траектории (траектория показана штриховой линией)

При задании траектории размещения подчиненных объектов эта линия становится третьим управляющим объектом составного объекта класса "пошаговый переход". Составной объект формируют в два приема: вначале строят базовый пошаговый переход и настраивают его параметры, затем для базового пошагового перехода с помощью интерактивного инструмента указывают линию, которая становится траекторией, и вдоль нее настраивают размещение промежуточных объектов.

Предусмотрены два режима задания ориентации подчиненных объектов относительно траектории пошагового перехода: без разворота и с дополнительным разворотом. В первом случае (рис. 2.8.34, а) каждый из промежуточных объектов после переноса на траекторию сохраняет ту же ориентацию, что и базовом пошаговом переходе. Во втором случае каждый промежуточный объект дополнительно разворачивается на угол, значение которого опре-

деляется углом, между осью ординат локальной системы координат начального управляющего объекта и нормалью к траектории в точке размещения подчиненного объекта (рис. 2.8.34, б).

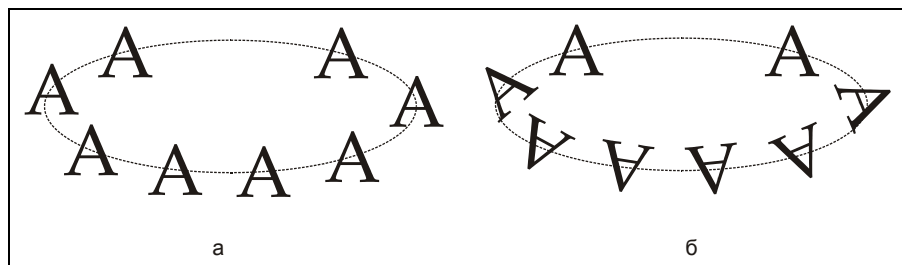


Рис. 2.8.34. Режимы ориентации подчиненных объектов относительно траектории пошагового перехода: а — без разворота; б — с дополнительным разворотом

Для размещения объектов вдоль траектории также предназначены два режима:

- ❑ Свободное размещение управляющих объектов — управляющие объекты можно поместить в любые точки траектории с помощью интерактивного инструмента (рис. 2.8.35, а).
- ❑ По всей длине траектории — управляющие объекты размещаются автоматически, начальный — в начальном узле траектории, а конечный — в зависимости от замкнутости траектории. На незамкнутой траектории конечный управляющий объект пошагового перехода размещается в ее конечном узле. На замкнутой траектории он размещается так, чтобы расстояние между его центром и центром начального управляющего объекта равнялось расстояниям между центрами смежных подчиненных объектов пошагового перехода на траектории (рис. 2.8.35, б).

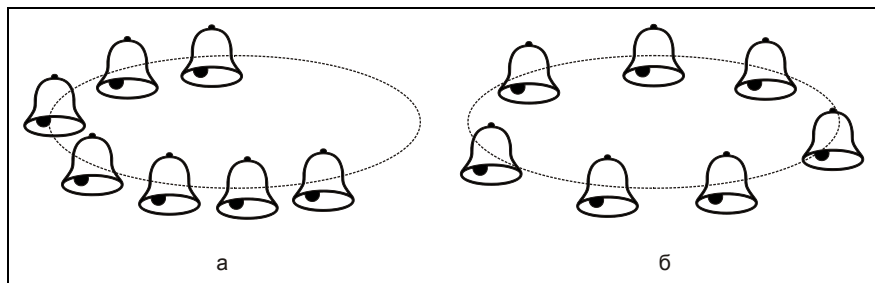


Рис. 2.8.35. Режимы размещения объектов пошагового перехода на траектории: а — со свободным размещением управляющих объектов; б — вдоль всей длины траектории

ПРИМЕЧАНИЕ

При определенном соотношении длины траектории и размеров управляющих объектов пошагового перехода подчиненные объекты могут перекрывать друг друга.

ПРИМЕЧАНИЕ

Подчиненные объекты пошагового перехода с замкнутой траекторией располагаются таким образом, чтобы начальный/конечный узел траектории не разбивал их последовательности.

Дополнительные управляющие параметрами пошагового перехода на траектории:

- ☐ параметры расположения на траектории начального и конечного управляющих объектов;
- ☐ режим ориентации подчиненных объектов относительно траектории;
- ☐ режим размещения подчиненных объектов по длине траектории.

Основные операции над пошаговыми переходами на траектории:

- ☐ присоединение пошагового перехода к траектории;
- ☐ задание режимов ориентации и размещения подчиненных объектов;
- ☐ размещение на траектории начального и конечного управляющих объектов;
- ☐ отсоединение пошагового перехода от траектории;
- ☐ редактирование траектории.

Составные и разделенные пошаговые переходы

Составным называется пошаговый переход, состоящий из двух или более обычных переходов, в которых имеются общие управляющие объекты. На рис. 2.8.36 представлен составной пошаговый переход, в котором роль управляющих объектов играют буквы (начальный объект — буква "О", конечные — "А" и "Я" соответственно).

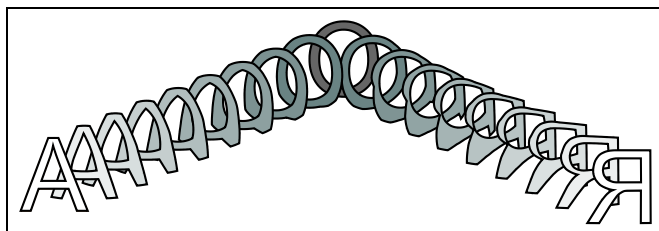


Рис. 2.8.36. Составной пошаговый переход

Составной пошаговый переход возникает в результате построения базового пошагового перехода, один из управляющих объектов которого уже является управляющим объектом пошагового перехода. Устанавливать значения управляющих параметров можно как для всего составного пошагового перехода, так и для его отдельных составных частей.

Отдельные части составного пошагового перехода могут размещаться на траекториях. Для несмежных частей составного пошагового перехода можно указать несколько различных траекторий, для смежных — только одну.

Специфических управляющих параметров у составных пошаговых переходов нет. Специфические операции составных пошаговых переходов:

- ❑ Выделение части составного пошагового перехода, составляющей отдельный пошаговый переход.
- ❑ Присоединение выделенной части составного пошагового перехода в начале или в конце; в результате разделяемый управляющий объект утрачивает статус управляющего, и две части составного пошагового перехода соединяются в одну, причем все подчиненные объекты перестраиваются заново.

ПРИМЕЧАНИЕ

Когда управляющий объект разделяется более чем двумя частями составного пошагового перехода, при выполнении операции присоединения требуется указать, к какой именно части составного пошагового перехода следует присоединить его выделенную часть. Присоединение возможно только в том случае, когда один объект выполнял функции начального управляющего объекта в выделенной части и конечного управляющего объекта в указанной части (или конечного управляющего объекта в выделенной части и начального — в указанной).

Разделенный пошаговый переход — разновидность составного перехода — отличается от обычного тем, что создается за счет придания статуса управляющего объекта одному из подчиненных объектов, несмежных с управляющими. После этого пошаговый переход оказывается разделенным на две части, в которых вновь созданный управляющий объект играет роли соответственно начального и конечного управляющих объектов.

Пошаговые переходы с незамкнутыми управляющими объектами

Многие задачи построения векторных графических изображений целесообразно решать с помощью пошаговых переходов на базе незамкнутых управляющих объектов. При этом нельзя воспользоваться заливкой промежуточных объектов, но это не всегда требуется. Например, на рис. 2.8.37 показано,

как пошаговый переход на базе двух копий одной и той же линии с различными параметрами обводки (см. разд. 2.4.1) может имитировать объем прохода или трубки.

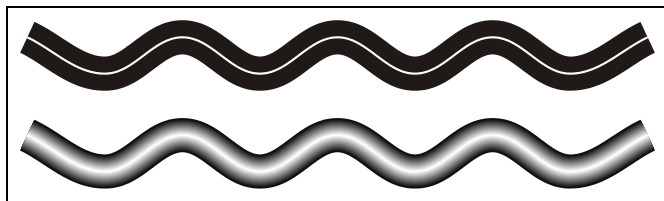


Рис. 2.8.37. Пошаговый переход с двумя незамкнутыми линиями в качестве управляющих объектов

В заключение следует заметить, что не всегда настройка пошагового перехода позволяет добиться желаемого результата из-за жесткости алгоритмов, по которым строятся и размещаются подчиненные объекты. При этом можно разъединить пошаговый переход и более тонко отредактировать получившиеся независимые графические объекты. Во многих случаях такая методика позволяет быстро добиться нужных эффектов.

Ореолы

Ореолом в векторной графике называется совокупность замкнутых кривых, каждая из которых отстоит от управляющего объекта на заданное расстояние. Для последнего из подчиненных объектов, отстоящих от абриса управляющего объекта наиболее далеко, задаются параметры заливки и обводки. При построении ореола эти параметры плавно переходят от подчиненных к управляющим объектам.

ПРИМЕЧАНИЕ

Ореол можно считать частным случаем пошагового перехода, в котором начальным управляющим объектом служит единственный управляющий объект ореола, форма конечного управляющего объекта рассчитывается по форме начального, а его параметры заливки и обводки назначаются явным образом.

Число подчиненных объектов в ореоле задается или рассчитывается автоматически по заданному шагу. На рис. 2.8.38 приведены три примера ореолов.

Применяются три типа ореолов, отличающиеся друг от друга способами размещения подчиненных объектов относительно управляющего и задания числа этих объектов: наружный, внутренний и центральный.

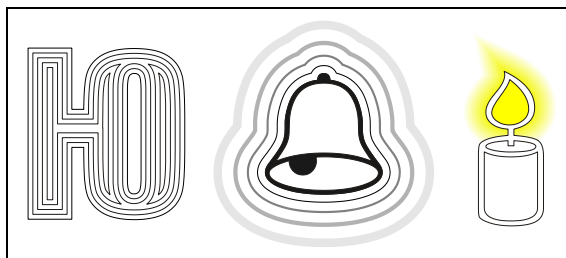


Рис. 2.8.38. Примеры ореолов

Для всех типов ореолов задаются управляющие параметры:

- ☐ параметры обводки последнего подчиненного объекта;
- ☐ параметры заливки последнего подчиненного объекта;
- ☐ тип ореола.

Наружный ореол (рис. 2.8.39, а) формируется в виде совокупности эквидистант (линий, отстоящих на заданное расстояние) управляющего объекта, строящихся вне его абриса.

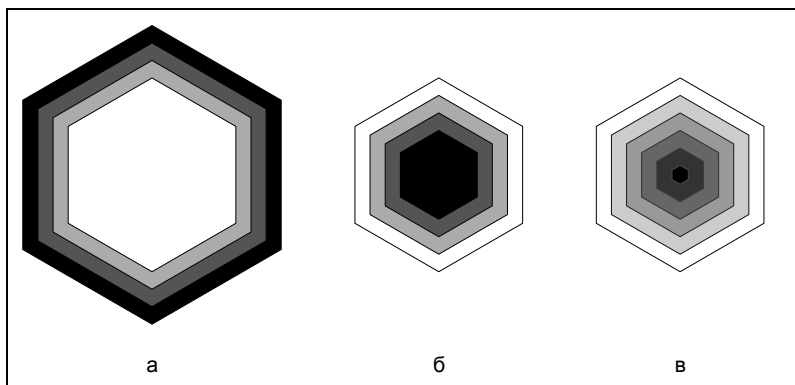


Рис. 2.8.39. Типы ореолов: а — наружный; б — внутренний; в — центральный

Управляющие параметры наружного ореола:

- ☐ число подчиненных объектов;
- ☐ величина шага ореола (расстояние между линиями абриса смежных подчиненных объектов).

Внутренний ореол (рис. 2.8.39, б) формируется в виде совокупности эквидистант (линий, отстоящих на заданное расстояние) управляющего объекта,

строющихся внутри его абриса. Управляющие параметры те же, что у наружного ореола.

ПРИМЕЧАНИЕ

При построении подчиненных объектов внутреннего ореола место для их размещения ограничено линиями управляющего объекта. Поэтому с заданным шагом строятся либо столько подчиненных объектов, сколько задано параметром количества, либо столько, сколько помещается внутри управляющего объекта.

Центральный ореол (рис. 2.8.39, в) — частный случай внутреннего. Из перечня управляющих параметров исключается число подчиненных объектов, поскольку в центральном ореоле их строится столько, сколько требуется, чтобы занять все свободное место внутри абриса управляющего параметра.

Специфические операции ореолов:

- ☐ Построение базового ореола интерактивным инструментом.
- ☐ Изменение типа ореола.
- ☐ Изменение шага ореола.
- ☐ Задание параметров обводки ореола.
- ☐ Задание параметров заливки ореола.
- ☐ Изменение значений ускорения (см. пункт о пошаговых переходах).
- ☐ Удаление ореола.

2.8.7. Линзы

Линзой называется составной объект, в котором по управляющему объекту и управляющим параметрам строится пиксельный или векторный подчиненный объект, представляющий собой результат преобразования части изображения, перекрытого управляющим объектом линзы. Свое название этот класс составных объектов получил по оптическому прибору, изменяющему внешний вид изображений, расположенных под ним.

Форма управляющего объекта линзы может быть произвольной, но он должен быть замкнутым. При его перемещении по изображению он перекрывает собой различные части разных графических объектов, по которым и строится единственный подчиненный объект. Алгоритм построения подчиненного объекта (фактически, алгоритм преобразования изображения) определяется типом линзы и ее управляющими параметрами.

Линзы создаются из выделенного объекта параметрическим способом — тип линзы и управляющие параметры задаются без помощи интерактивных инст-

рументов с помощью элементов управления командных панелей и диалоговых окон. Общий управляющий параметр — тип линзы.

Общие специфические методы объектов класса "Линза":

- ☐ Создание линзы из выделенного объекта.
- ☐ Назначение типа линзы.
- ☐ Смещение точки обзора (см. далее пункт о выносных точках обзора).
- ☐ Фиксация преобразования линзы (см. далее одноименный пункт).
- ☐ Удаление линзы.

Отметим несколько особенностей, присущих всем линзам:

- ☐ Один графический объект может стать управляющим только для одной линзы.
- ☐ В качестве управляющего объекта линзы может выступать только замкнутый графический объект.
- ☐ Преобразование линзы строит подчиненный объект только по тем объектам, которые расположены в стопке ниже ее (см. разд. 2.7.1) и в области точки обзора линзы.
- ☐ Применение линз к импортированным пиксельным изображениям и сложным векторным графическим объектам сильно усложняет информационную модель векторного изображения, что может приводить к сбоям при выводе на устройства печати. С этими проблемами можно справиться преобразованием векторного изображения в пиксельное непосредственно перед выводом на печать (см. разд. 2.9.3).

Далее рассмотрим наиболее часто используемые типы линз, соответствующие им преобразования изображения и управляющие параметры.

Полупрозрачная линза

Такая линза имитирует перекрытие изображения полупрозрачным цветным стеклом или пленкой. Управляющие параметры линзы:

- ☐ Цвет — задается любым из способов и определяет цветность оттенка линзы.
- ☐ Уровень прозрачности — задается в процентах и определяет, в каких пропорциях цвет линзы и цвет перекрываемого изображения будут соединяться в итоговом цвете подчиненного объекта.

Алгоритм расчета цвета подчиненного объекта такой же, как при рендеринге многослойного пиксельного изображения в обычном режиме наложения слоев (см. разд. 3.4.3).

Назначение линзе белого цвета приводит к снижению насыщенности перекрываемых линзой цветов в пропорции, зависящей от уровня прозрачности (рис. ЦВ-2.8.40, а).

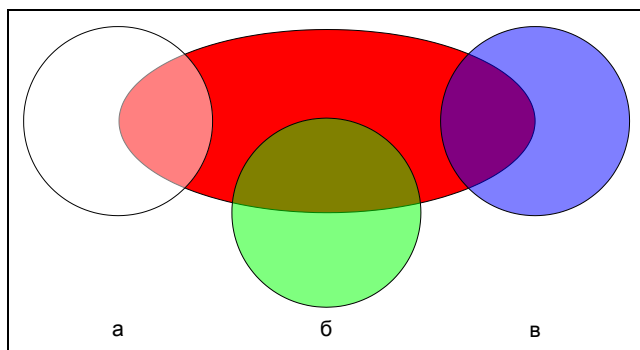


Рис. ЦВ-2.8.40. Полупрозрачные линзы с уровнем прозрачности 50% поверх красного эллипса: а — белая; б — зеленая; в — синяя

Белая линза (R255G255B255) при перекрытии красного цвета (R255G0B0) и уровне прозрачности 50% даст красный (R255G128B128), а при уровне прозрачности 10% — красноватый оттенок (R255G230B230).

Линза черного цвета (R255G255B255) при перекрытии красного (R255G0B0) и уровне прозрачности 50% даст темный оттенок красного цвета (R128G0B0), а при уровне прозрачности 10% — цвет, визуально неотличимый от черного (R25G0B0).

При перекрытии зеленой линзой (R0G255B0) красного цвета (R255G0B0) получатся следующие оттенки (рис. 2.8.40, б): при 50%-ной прозрачности темно-желтый (R128G128B0), при 75%-ной прозрачности — темно-оранжевый (R191G64B0).

При перекрытии синей линзой (R0G0B255) красного цвета (R255G0B0) получатся следующие оттенки (рис. 2.8.40, в): при 50%-ной прозрачности темно-пурпурный (R128G0B128), при 75%-ной прозрачности — темный пурпурно-красный (R191G0B64).

Масштабирующая линза

Масштабирующая линза имитирует эффект настоящей стеклянной линзы, увеличивая или уменьшая изображение перекрываемых ею объектов. Подобная линза не имеет цвета, даже если создана из объекта с заливкой.

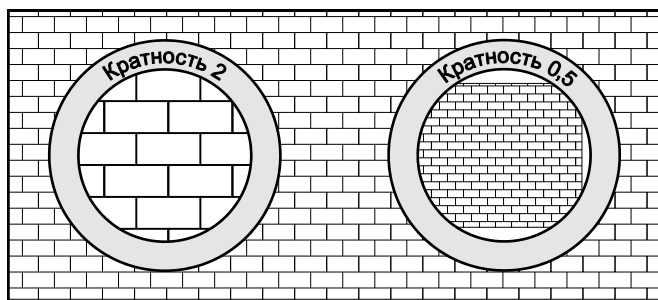


Рис. 2.8.41. Масштабирующие линзы различной кратности

Управляющий параметр линзы — кратность, численно равная коэффициенту масштабирования. На рис. 2.8.41 представлены две масштабирующие линзы — одна с эффектом увеличения, другая — с эффектом уменьшения.

Из рис. 2.8.41 видно, что при кратности линзы, отличной от единицы, форма области, которая в ней отображается, не совпадает с формой самой линзы. При кратности больше единицы видна часть изображения меньше линзы, в линзе с кратностью меньше единицы видно больше, чем она перекрывает. Чтобы можно было одновременно видеть и изображение, и построенный по его части подчиненный объект, следует воспользоваться выносной точкой обзора (см. соответствующий пункт).

Осветляющая линза

Осветляющая линза позволяет изменять яркость (см. разд. 1.3.7) изображения, перекрытого ею. При этом можно не только осветлять, но и затемнять изображение. Степень изменения яркости определяется коэффициентом преобразования.

Управляющий параметр линзы — *коэффициент преобразования* — число (в диапазоне от -100 до 100%), определяющее изменение яркости цвета перекрываемого объекта.

ПРИМЕЧАНИЕ

Коэффициент преобразования — величина, добавляемая к значению параметра B цветовой модели HSB (см. разд. 1.3.7). Если в результате преобразования получится число меньше -100% или больше 100% , цвет будет заменен соответственно черным или белым.

На рис. 2.8.42 приведен пример совместного использования маски и осветляющей линзы. Маска, сформированная в результате соединения прямоугольника, линии, построенной по абрису церкви, и надписи, была превращена в осветляющую линзу с коэффициентом 60% . В итоге удалось добиться

визуального подчеркивания фрагмента изображения и появления на нем надписи, не скрывающей изображения полностью.



Рис. 2.8.42. Маска как осветляющая линза

Линза негативного изображения

Линза негативного изображения строит подчиненный объект, заменяя цвета и яркость перекрытых объектов на дополнительные (до 100% исходной яркости) значения (см. разд. 1.3.7). Эта линза не имеет специфических управляющих параметров.

ПРИМЕЧАНИЕ

Режим исключения фона рассмотрен в одноименном пункте настоящего раздела.

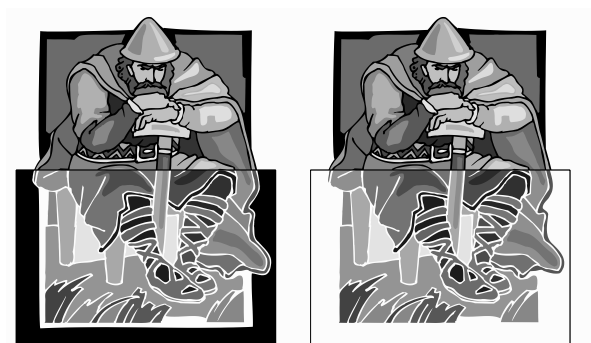


Рис. 2.8.43. Линзы негативного изображения поверх векторных графических объектов (на правом изображении включен режим исключения фона)

Каркасная линза

Каркасная линза позволяет заменять цвета заливки и обводки перекрытых объектов на заданные управляющими параметрами или отменять их.

Специфические управляющие параметры каркасной линзы:

- ☐ Цвет заливки — оттенок, которым заменяются все заливки перекрытых линзой объектов.
- ☐ Удаление заливки — логическая величина, в случае истинности которой отменяются все заливки перекрытых линзой объектов.
- ☐ Цвет обводки — оттенок, которым заменяются все обводки перекрытых линзой объектов.
- ☐ Удаление обводки — логическая величина, в случае истинности которой отменяются все заливки перекрытых линзой объектов.

На рис. 2.8.44 приведено исходное изображение и пример применения каркасной линзы с удалением заливки и заменой обводки на черный цвет.



Рис. 2.8.44. Каркасная линза с отменой заливки

Линза "рыбий глаз"

Линза "рыбий глаз" получила свое название по специальному фотографическому объективу, который особым образом преобразует изображение: воспроизводит поле зрения без искажений в середине, но с сильным сжатием по краям.

Специфический управляющий параметр у этой линзы один — коэффициент искажения, и он может принимать значения в диапазоне от -100 до 100% .

Положительные значения соответствуют увеличению перекрываемых объектов со сжатием по краям линзы, отрицательные — уменьшению с растяжением по краям линзы. На рис. 2.8.45 приведены примеры линзы "рыбий глаз" с различными значениями коэффициента искажения.

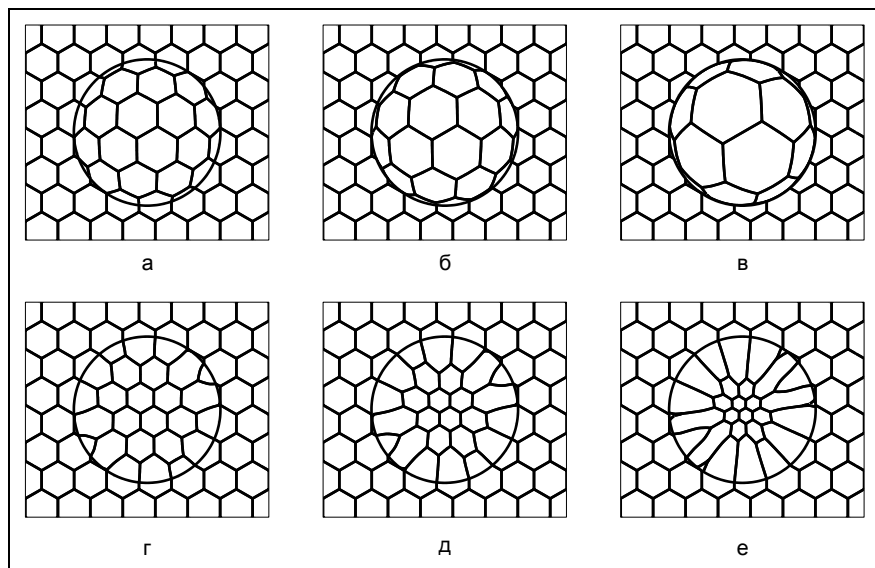


Рис. 2.8.45. Линза "рыбий глаз" с различными коэффициентами искажения:
а — 50%; б — 100%; в — 200%; г — -50%; д — -100%; е — -200%

Линза монохромного изображения

Эта линза преобразует цвета обводок и заливок перекрываемых ею графических объектов в тона монохромной шкалы (см. разд. 1.3.3). Критерий преобразования — равенство светлоты исходного и итогового цветов.

У линзы монохромного изображения только один специфический управляющий параметр — базовый цвет монохромной шкалы. Вторым базовым цветом монохромной шкалы всегда служит белый.

Режим исключения фона

Побочный эффект применения некоторых линз — изменение цвета фона, на котором строится изображение. На печати это выглядит как изменение цвета бумаги. Это явление не всегда желательно, поэтому в большинстве вектор-

ных графических редакторов у линз имеется вспомогательный режим исключения фона. Когда этот режим включен, действие линзы распространяется не на всю перекрываемую ею площадь изображения, а только на находящиеся в этой области графические объекты.

Выносные точки обзора

В отдельных случаях целесообразно строить подчиненный объект линзы не по тем графическим объектам, которые она перекрывает, а по части изображения, смещенной от центра линзы на заданное расстояние. При этом пользуются режимом выносной точки обзора. *Выносной точкой обзора* называется середина части изображения, по которому преобразованием линзы будет строиться подчиненный объект. По умолчанию выносная точка обзора не задается, т. е. координаты точки обзора совпадают с центром линзы. При включении режима выносной точки обзора в число управляющих параметров линзы добавляются два числа, задающие ее смещение относительно центра линзы.

На рис. 2.8.46 представлены три увеличивающие линзы с выносными точками обзора, перемещенными в точки расположения деталей надписи, которые необходимо воспроизвести в увеличенном виде.

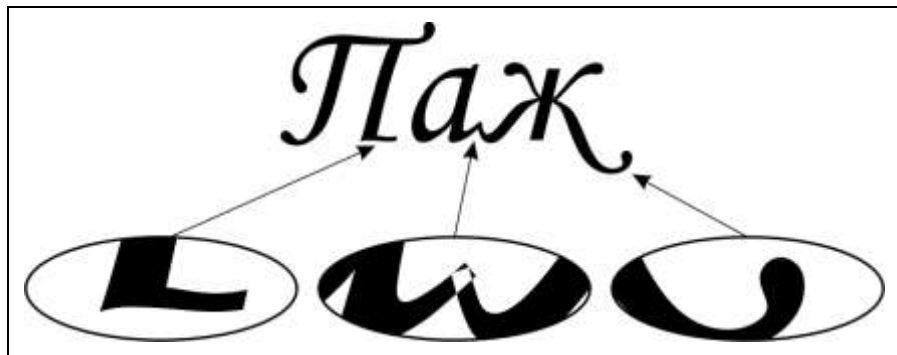


Рис. 2.8.46. Четырехкратные увеличивающие линзы с выносными точками обзора

Фиксация преобразования линзы

Алгоритмы построения подчиненного изображения в некоторых линзах достаточно сложны и выполняются в течение длительного времени. При перемещении линзы, внесении изменений в ее форму, заменах значений управ-

ляющих параметров и редактировании перекрытого линзой изображения подчиненное изображение строится заново, и это может значительно замедлять скорость работы пользователя — особенно если линза преобразует сложные графические изображения.

Некоторые печатающие устройства некорректно отображают подчиненные изображения линз из-за того, что они иногда порождают очень сложные и объемные подчиненные объекты.

Иногда после применения преобразования линзы полученный подчиненный объект требует дополнительного редактирования.

Для решения всех перечисленных проблем нельзя воспользоваться разъединением составного объекта-линзы, т. к. в результате получится только кривая, совпадающая с линзой по конфигурации, а подчиненный объект исчезнет. Правильнее выполнить операцию фиксации преобразования линзы.

В процессе *фиксации* автоматически создается группа новых векторных и пиксельных графических объектов, образующих такое же изображение, которое создавалось линзой с текущими значениями управляющих параметров. Линза в процессе фиксации удаляется, исходное изображение остается без изменений.

2.8.8. Прозрачность и полупрозрачность в векторном изображении

Под прозрачностью какого-либо физического объекта понимают возможность рассмотреть сквозь него другие объекты, расположенные за ним. В векторной графике подавляющее большинство объектов, рассматривавшихся до сих пор, были непрозрачными (за исключением полупрозрачной линзы, см. разд. 2.8.7). Это означает, что при перекрытии графические объекты, расположенные в стопке объектов ниже, исключают вышележащие полностью или частично из процесса рендеринга.

Полной прозрачностью векторного объекта следует считать состояние, при котором для него отменены и заливка, и обводка. При этом описание графического объекта присутствует в информационной модели изображения, но не оказывает никакого влияния на результаты рендеринга. Однако случай полной прозрачности — частный, гораздо чаще приходится изображать полупрозрачные объекты, т. е. такие, которые и сами видны, и сквозь которые можно увидеть расположенные за ними объекты. Кроме того, прозрачность реальных объектов редко бывает однородной, гораздо чаще она различна в различных точках объекта.

Для имитации неоднородной прозрачности объектов векторного изображения в его состав вводится специальный класс составных объектов "Группа прозрачности".

Группа прозрачности — составной графический объект, включающий в себя два управляющих объекта: исходный объект и линзу прозрачности, и предназначенный для имитации неоднородной прозрачности исходного объекта подчиненный объект. *Линза прозрачности* — управляющий объект группы прозрачности, по форме совпадающий с исходным объектом этой группы, но имеющий не зависящую от исходного объекта индивидуально назначаемую монохромную заливку.

При отображении экземпляра класса "Группа прозрачности" на изображении управляющие объекты не показываются, виден только подчиненный объект. При разъединении группы прозрачности исходный объект восстанавливается.

Подчиненный объект группы прозрачности представляет собой пиксельное изображение. Оно имеет форму исходного объекта, и строится методом рендеринга многослойных изображений (см. разд. 3.4.1) по исходному и перекрываемым графическим объектам. При рендеринге каждой точке исходного графического объекта назначается степень прозрачности, зависящая от тона монохромной заливки соответствующей ей точки линзы прозрачности (см. разд. 3.4.3).

На рис. 2.8.47 в качестве фона выбран прямоугольник с заливкой полноцветным узором в виде корзиночного переплетения. Поверх него располагаются две группы прозрачности.



Рис. 2.8.47. Группы прозрачности с однородной прозрачностью (сверху) и с линейной градиентной прозрачностью (снизу)

В обеих группах прозрачности в качестве исходного объекта взят один и тот же текст с заливкой 100%-ным оттенком черного цвета. В верхней группе прозрачности линза прозрачности залита 40%-ным оттенком черного цвета. Поэтому при рендеринге вклад текстурованного фона в итоговое изображение

составляет 60%, а 40% добавляется из исходного графического объекта. Поскольку заливка исходного объекта черная, подчиненный объект получается темнее фоновое. В нижней группе прозрачности линза прозрачности получила линейную градиентную заливку с базовыми цветами 100% и 0% черного. Соответственно, и подчиненный объект группы прозрачности в левой части непрозрачен, а в правой — полностью прозрачен.

Линзе прозрачности можно назначать любой тип заливок, кроме PostScript и сетчатых. Чаще всего для имитации эффектов прозрачности применяются градиентные заливки линз прозрачности, которые после назначения можно изменять методами настройки параметров градиентной заливки (см. разд. 2.4.3). Так же, как рассмотренные в предыдущем подразделе линзы, линзу прозрачности можно фиксировать. В результате группа прозрачности разрушается, исходный объект снова оказывается видимым, линза прозрачности удаляется, а подчиненный объект (пиксельное изображение) становится самостоятельным графическим объектом информационной модели изображения.

К специфическим управляющим параметрам группы прозрачности относятся:

- *Режим наложения* — наложение исходного изображения в процессе рендеринга на фоновые графические объекты при построении подчиненного объекта группы прозрачности (см. разд. 3.4.2).
- *Режим распространения* — определяет, на какие части исходного объекта распространяется прозрачность: только на заливку, только на обводку или на то и другое.

На рис. 2.8.48 представлены три группы прозрачности, построенные на основе одного исходного объекта, представляющего собой соединенную кривую с восемью каплевидными и одним восьмиугольным отверстием в середине. Обводка этой фигуры выполнена широкой линией 100%-ным оттенком черного. Заливка "лепестков" задана оттенком 0% черного (т. е. белым цветом).

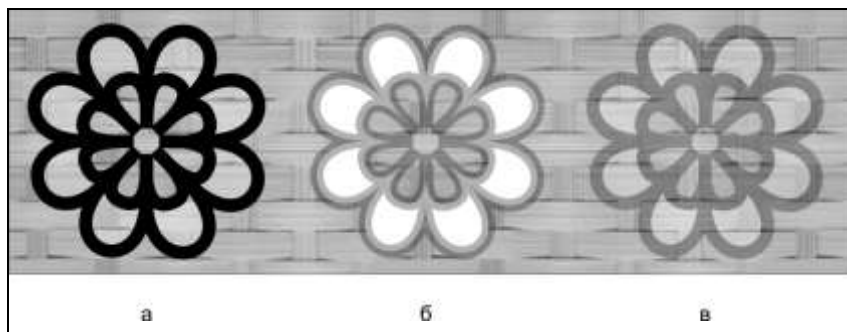


Рис. 2.8.48. Режимы распространения прозрачности:

а — только заливка; б — только обводка; в — заливка и обводка

ПРИМЕЧАНИЕ

На вид изображения рис. 2.8.48, б оказал влияние тот факт, что при рендеринге обводка объекта рассматривается как самостоятельный объект, расположенный в стопке непосредственно над обводимым. Поэтому через полупрозрачную обводку одновременно видны и текстурный фон, и белая заливка исходного объекта.

Список методов группы прозрачности очень обширен, приведем только самые важные:

- ❑ Создание группы прозрачности — интерактивным инструментом указывают объект, который должен стать исходным для группы прозрачности, автоматически формируется линза прозрачности без заливки и подчиненный объект, первоначально внешне не отличающийся от исходного.
- ❑ Задание заливки линзы прозрачности — параметрическими и интерактивными способами настраивают заливку линзы прозрачности. Большинство способов аналогично способам, реализующим методы градиентной прозрачности.
- ❑ Выбор режима наложения — выбирают режим наложения, дающий наиболее адекватный замыслу разработчика эффект.
- ❑ Фиксация линзы прозрачности — преобразование подчиненного графического объекта в самостоятельный объект (см. ранее).
- ❑ Удаление группы прозрачности — удаление линзы прозрачности и подчиненного графического объекта с восстановлением видимости и самостоятельности исходного объекта.

2.8.9. Фигурная обрезка

Фигурной обрезкой называется составной объект, позволяющий имитировать обрезку изображения по замкнутой кривой произвольной формы. Кривая, по которой выполняется "обрезка", в момент создания экземпляра объекта класса "фигурная обрезка" становится управляющим объектом. Второй управляющий объект представляет собой совокупность графических объектов, составляющих исходное изображение. Так же, как в группе прозрачности, при создании составного объекта исходное изображение перестает отображаться, заменяясь на подчиненный объект.

Графический объект, определяющий границу фигурной обрезки, называется *контейнером*, а исходное изображение — *содержимым контейнера* фигурной обрезки. Содержимое контейнера может представлять собой произвольную совокупность любых простых, составных и импортированных объектов

векторной графики и их групп, в качестве контейнера можно использовать любой несоставной объект или их группу.

ПРИМЕЧАНИЕ

Контейнер фигурной обрезки может быть незамкнутым. В этом случае в него можно поместить содержимое, но подчиненный объект будет построен только тогда, когда в процессе редактирования контейнера он превратится в замкнутый объект.

Если у графического объекта, преобразованного в контейнер фигурной обрезки, имелась собственная заливка, то она становится самостоятельным объектом, который помещается в контейнер ниже всех объектов содержимого.

На рис. 2.8.49 представлен пример фигурной обрезки. В данном случае контейнер фигурной обрезки представляет собой фигурный текст (который можно модифицировать методами редактирования текста, см. *разд. 2.5.1*), а содержимое взято из библиотеки клипарта.

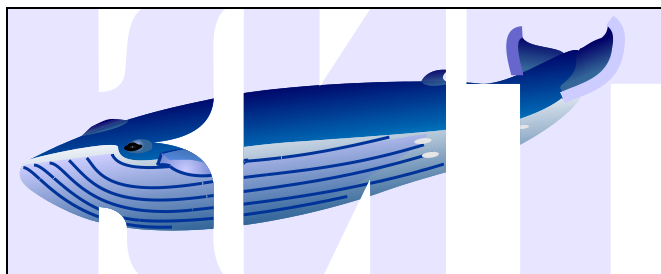


Рис. 2.8.49. Клипарт в качестве содержимого контейнера фигурной обрезки — блока фигурного текста

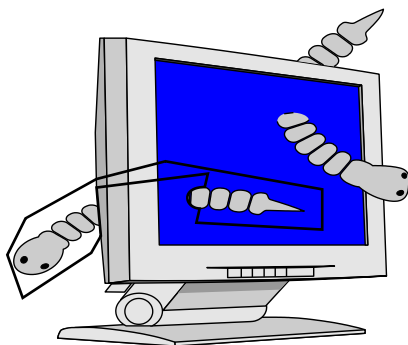


Рис. 2.8.50. Фигурная обрезка как средство маскировки части графического объекта

Наиболее часто в работе над графическими проектами контейнер фигурной обрезки применяется для отсечения частей изображения, выходящих за определенную границу. Часто контейнеры фигурной обрезки служат для маскирования ранее построенного изображения (рис. 2.8.50). Работа с контейнерами фигурной обрезки лежит в основе многих приемов коллажа (см. главу 2.9).

Список новых терминов

- ☐ Составной графический объект
- ☐ Управляющий объект
- ☐ Подчиненный объект
- ☐ Плакатное перо
- ☐ Линия переменной ширины
- ☐ Заготовка линии переменной ширины
- ☐ Мазок
- ☐ Образец мазка
- ☐ Распылитель
- ☐ Образец мазка распылителя
- ☐ Размерная схема
- ☐ Линейный размер
- ☐ Угловой размер
- ☐ Выноска
- ☐ Коннектор
- ☐ Объект-модификатор
- ☐ Группа огибающей
- ☐ Огибающая линия
- ☐ Деформации
- ☐ Центростремительная деформация
- ☐ Центробежная деформация
- ☐ Амплитуда деформации
- ☐ Центр деформации
- ☐ Деформация зигзага
- ☐ Деформация скручивания

- ☐ Группа перспективы
- ☐ Точка схода перспективы
- ☐ Падающая тень
- ☐ Размытие
- ☐ Растворение тени
- ☐ Тело экструзии
- ☐ Тип экструзии
- ☐ Вращение тела экструзии
- ☐ Пошаговый переход
- ☐ Базовый пошаговый переход
- ☐ Ускорение размещения
- ☐ Ускорение обводки и заливки
- ☐ Траектория пошагового перехода
- ☐ Составной пошаговый переход
- ☐ Разделенный пошаговый переход
- ☐ Ореол
- ☐ Наружный ореол
- ☐ Внутренний ореол
- ☐ Центральный ореол
- ☐ Линза
- ☐ Полупрозрачная линза
- ☐ Масштабирующая линза
- ☐ Кратность линзы
- ☐ Осветляющая линза
- ☐ Линза негативного изображения
- ☐ Каркасная линза
- ☐ Линза "рыбий глаз"
- ☐ Линза монохромного изображения
- ☐ Режим исключения фона
- ☐ Выносная точка обзора
- ☐ Фиксация линзы

- ☐ Полная прозрачность
- ☐ Полупрозрачность
- ☐ Группа прозрачности
- ☐ Линза прозрачности
- ☐ Режим распространения прозрачности
- ☐ Режим наложения прозрачности
- ☐ Фигурная обрезка
- ☐ Контейнер фигурной обрезки
- ☐ Содержимое контейнера фигурной обрезки

Контрольные вопросы

1. В чем отличие составных объектов от агрегаций?
2. Какую роль в построении составного объекта играет алгоритм, соответствующий классу этого объекта?
3. Каковы функции управляющих объектов?
4. Можно ли редактировать подчиненные объекты?
5. Какие классы объектов входят в категорию специальных линий?
6. Каковы преимущества и недостатки интерактивного и параметрического способа построения и настройки составных объектов?
7. Для чего предназначен класс объектов "Плакатное перо"?
8. К какому классу относится управляющий объект экземпляра класса "Плакатное перо"?
9. Для чего предназначены управляющие параметры экземпляра класса "Плакатное перо"?
10. Каким образом формируется подчиненный объект экземпляра класса "Плакатное перо"?
11. Что получается в результате разъединения составного объекта класса "Плакатное перо"?
12. Для чего предназначен класс объектов "Линия переменной ширины"?
13. К какому классу относится управляющий объект экземпляра класса "Линия переменной ширины"?
14. Для чего предназначены управляющие параметры экземпляра класса "Линия переменной ширины"?

15. Как формируется подчиненный объект экземпляра класса "Линия переменной ширины"?
16. Что получается в результате разъединения составного объекта класса "Линия переменной ширины"?
17. Для чего нужны заготовки линий переменной ширины?
18. Каковы особенности построения подчиненного объекта в линиях переменной ширины с соединенными управляющими линиями?
19. Для чего предназначен класс объектов "Мазок"?
20. К какому классу относится управляющий объект экземпляра класса "Мазок"?
21. Для чего предназначены управляющие параметры экземпляра класса "Мазок"?
22. Каким образом формируется подчиненный объект экземпляра класса "Мазок"?
23. Что получается в результате разъединения составного объекта класса "Мазок"?
24. Что представляет собой библиотека образцов мазков и для чего она нужна?
25. Для чего предназначен класс объектов "Распылитель"?
26. К какому классу относится управляющий объект экземпляра класса "Распылитель"?
27. Для чего предназначены управляющие параметры экземпляра класса "Распылитель"?
28. Каким образом формируется подчиненный объект экземпляра класса "Распылитель"?
29. Что получается в результате разъединения составного объекта класса "Распылитель"?
30. Чем образец мазка распылителя отличается от образца обычного мазка?
31. Для чего предназначены размерные схемы?
32. Что является управляющими объектами размерной схемы?
33. Какую роль играют точки присоединения размерной схемы?
34. Каковы особенности построения размерной схемы линейного размера?
35. Каковы особенности построения размерной схемы углового размера?
36. Каковы особенности построения выносок?

37. Что получается в результате разъединения размерной схемы?
38. Чем различаются подчиненные объекты размерных схем и остальных классов составных объектов?
39. Для чего предназначен класс объектов "Коннектор"?
40. Что является управляющими объектами экземпляра класса "Коннектор"?
41. Как формируется подчиненный объект экземпляра класса "Коннектор"?
42. Чем объекты-модификаторы отличаются от обычных управляющих объектов?
43. Для чего предназначен класс "Группа огибающей"?
44. Что является управляющим объектом экземпляра класса "Группа огибающей"?
45. Каким образом можно воздействовать на форму огибающей линии?
46. Какие дополнительные ограничения могут накладываться на форму огибающей линии?
47. Каковы способы построения подчиненного объекта группы огибающей по исходному объекту?
48. Каковы особенности поведения группы огибающей в случае, когда исходным объектом является рамка простого текста?
49. Для чего предназначены деформации векторных объектов?
50. В чем отличие центробежной и центростремительной деформаций?
51. Что определяет значение амплитуды центробежной деформации?
52. Какую роль в центробежной и центростремительной деформациях играет центр деформации?
53. Чем деформация зигзага отличается от центробежной?
54. На что воздействует частота деформации зигзага?
55. В чем состоит деформация скручивания?
56. Какие точки исходного изображения остаются неподвижными при построении подчиненного изображения в случае деформации скручивания?
57. Для чего предназначены составные объекты класса "Группа перспективы"?
58. Что представляет собой управляющий объект экземпляра класса "Группа перспективы"?
59. Какую роль в настройке группы перспективы играют точки схода?
60. Для чего предназначены составные объекты класса "Падающая тень"?

61. Что является управляющим объектом экземпляра класса "Падающая тень"?
62. В чем состоит эффект размытия тени?
63. В чем состоит эффект растворения тени?
64. Для чего предназначены составные объекты класса "Группа экструзии"?
65. Что является управляющим объектом экземпляра класса "Группа экструзии"?
66. Что представляет собой подчиненный объект экземпляра класса "Группа экструзии"?
67. Чем различаются между собой различные типы экструзии?
68. Для каких типов экструзии не определено понятие точки схода?
69. С какой целью смещение точки схода тела экструзии может задаваться в различных системах координат?
70. Какими способами может выполняться заливка боковых граней тела экструзии?
71. Для каких целей используется операция вращения тела экструзии?
72. В каких классах составных объектов количество подчиненных объектов может задаваться значением управляющего параметра?
73. Что представляет собой пошаговый переход?
74. Какова закономерность изменения подчиненных объектов пошагового перехода?
75. Какова последовательность действий при построении базового пошагового перехода?
76. Чем начальный управляющий объект пошагового перехода отличается от конечного?
77. Какую функцию выполняют в пошаговом переходе параметры ускорений?
78. Какую роль играет траектория пошагового перехода?
79. Как определяется угол разворота промежуточных объектов пошагового перехода относительно траектории?
80. Как определяется, в каком направлении будет построена последовательность подчиненных объектов на замкнутой траектории — по часовой стрелке или против?

81. Чем составной пошаговый переход отличается от разделенного?
82. Почему смежные части составного пошагового перехода могут размещаться только на общей траектории?
83. Что представляет собой ореол?
84. Чем различаются между собой различные типы ореолов?
85. Каковы общие свойства объектов, принадлежащих к различным классам линз?
86. Какие требования предъявляются к управляющему объекту линзы?
87. Какие объекты изображения входят в зону действия линзы?
88. Как строится подчиненный объект полупрозрачной линзы?
89. Как строится подчиненный объект масштабирующей линзы?
90. Как строится подчиненный объект осветляющей линзы?
91. Как строится подчиненный объект линзы негативного изображения?
92. Как строится подчиненный объект каркасной линзы?
93. Как строится подчиненный объект линзы "рыбий глаз"?
94. Как строится подчиненный объект линзы монохромного изображения?
95. Какое действие оказывает на построение подчиненных объектов линз режим исключения фона?
96. С какой целью для линз назначаются выносные точки обзора?
97. Что получается в результате фиксации преобразования линзы?
98. Что называется полной прозрачностью векторного объекта?
99. Для чего предназначены составные объекты класса "Группа прозрачности"?
100. Что представляет собой линза прозрачности?
101. Какие заливки нельзя применять к линзе прозрачности?
102. Что получается в результате разъединения объекта класса "Группа прозрачности"?
103. Для чего предназначены составные объекты класса "Фигурная обрезка"?
104. Каковы функции контейнера фигурной обрезки?
105. Каким может быть содержимое контейнера фигурной обрезки?

Темы для обсуждения

1. Применение специальных линий в каллиграфии.
2. Пользовательские библиотеки мазков.
3. Применение коннекторов для построения блок-схем.
4. Изобразительные возможности огибающих.
5. Использование деформаций в работе над векторными графическими проектами.
6. Технология последовательного применения перспективы при построении векторного пейзажа.
7. Использование теней при работе над натюрмортом.
8. Тела экструзии как средство разработки логотипа.
9. Пошаговые переходы и ореолы в работе над векторным портретом.
10. Имитация объема с помощью полупрозрачной линзы.
11. Изображение стеклянных объектов с помощью линз и групп прозрачности.
12. Фрагментация импортированного пиксельного изображения в векторном проекте с помощью контейнеров фигурной обрезки.

2.9. Коллаж с применением векторных и пиксельных изображений

Современная тенденция развития программных средств компьютерной графики в целом и векторной графики в частности — создание интегрированных средств. В большинстве редакторов векторной графики имеются средства для работы с импортированными пиксельными изображениями. Это объясняется несколькими причинами.

Во-первых, в ходе развития объектной модели векторного изображения в ее составе появились классы объектов, неотъемлемой частью которых являются пиксельные изображения — группы прозрачности, тени, некоторые линзы. Зачастую после разъединения таких составных объектов требуется их корректировка. Выполнять ее с помощью отдельных программных средств трудоемко и не всегда целесообразно.

Во-вторых, при работе над многими графическими проектами, особенно рекламного характера, необходима фотографическая точность в изображении отдельных объектов, которой непросто добиться средствами векторной графики. Это потребовало усовершенствования арсенала средств векторной графики для работы с импортированными пиксельными изображениями.

В-третьих, несмотря на то, что с векторными изображениями работать обычно удобнее, чем с пиксельными, некоторые графические эффекты проще реализуются для пиксельных изображений.

В-четвертых, на финальных стадиях работы над сложными векторными графическими проектами перед выводом изображения на печать бывает целесообразно перевести его в пиксельную объектную модель. При большом размере графического файла в векторном формате вероятно возникновение проблем с выводом на печатающие устройства PostScript. Это, в частности, относится к проектам, в составе которых имеются сложные составные объекты.

В этой главе рассматриваются основные концепции работы с пиксельными изображениями в составе векторных графических проектов. Более подробные сведения о пиксельных изображениях и работе с ними приведены в третьей части.

2.9.1. Импортированные пиксельные изображения

В векторной модели импортированные пиксельные изображения представляют собой отдельный класс "Пиксельное изображение".

Основные специфические атрибуты объектов этого класса:

- ☐ Модель цвета — значение этого атрибута указывает на реализованную в изображении модель цвета (см. разд. 1.3.3–1.3.8). Наиболее часто в векторной графике импортированные пиксельные изображения используют модели цвета: штриховую, CMYK и RGB.
- ☐ Размеры в пикселах — размеры растра, составляющего пиксельное изображение, по горизонтали и вертикали.
- ☐ Разрешение — относительная величина, связывающая габаритные размеры пиксельного изображения при выводе на печать с его размерами в пикселах (подробнее см. разд. 3.1.2).

К специфическим методам класса "Пиксельное изображение" относятся:

- ☐ Импорт.
- ☐ Настройка цвета.
- ☐ Применение пиксельного эффекта.
- ☐ Повторное растривание.
- ☐ Векторизация.

Импорт — считывание данных изображения в пиксельном формате и преобразование содержащегося в них изображения в объект класса "Пиксельное изображение". Как правило, импорт выполняется считыванием графического файла в одном из форматов пиксельного изображения (см. главу 3.3), или сканированием (см. разд. 3.2.3). В процессе импорта могут меняться значения некоторых из управляющих параметров, чаще всего, разрешение.

Настройка цвета — группа операций, позволяющих изменять модель цвета и корректировать цвета изображения. Чаще всего в состав таких операций входят:

- ☐ Регулировка контраста — повышение контраста изображения с помощью тоновой коррекции по кривым (см. разд. 3.6.3).
- ☐ Тоновая коррекция — регулировка динамического тонового диапазона изображения (см. разд. 3.6.2).
- ☐ Регулировки яркости и контрастности — глобальное согласованное изменение этой пары параметров.

- ❑ *Цветовая маска* — замена одного или нескольких цветов пиксельного изображения на прозрачный цвет.
- ❑ *Цветовой баланс* — цветовая коррекция изображения путем изменения соотношения между основными и дополнительными цветами (см. разд. 3.7.6).
- ❑ *Регулировка хроматики, насыщенности и светлоты* — коррекция параметров цветовой модели HSL (см. разд. 1.3.7).
- ❑ *Обесцвечивание* — снижение до нуля цветовой насыщенности всех цветов пиксельного изображения.
- ❑ *Инверсия* — преобразование изображения в негатив путем замены всех цветов на дополнительные.
- ❑ *Постеризация* — разбиение непрерывных диапазонов цвета на заданное число участков, внутри которых цвет принудительно унифицируется, за счет чего формируются области с однородной заливкой (см. разд. 3.9.8).

Применение пиксельного эффекта — преобразование пиксельного изображения в соответствии с некоторым алгоритмом, как правило, связанное с его искажением. Некоторые примеры подобных эффектов рассмотрены в разд. 2.9.2, более подробно они рассматриваются в разд. 3.9.1.

Повторное растривание — преобразование растра пиксельного изображения, связанное с изменением его размера в пикселах (см. разд. 3.1.7).

Векторизация — преобразование пиксельного изображения в векторную модель (см. разд. 2.9.3).

2.9.2. Пиксельные эффекты и фильтры

Пиксельный эффект — преобразование импортированного пиксельного изображения по тому или иному алгоритму, выполняющееся средствами редактора векторного изображения.

Пиксельный фильтр — преобразование импортированного пиксельного изображения по тому или иному алгоритму, выполняющееся с помощью дополнительных программных модулей, подключаемых к редактору векторного изображения.

Перечень пиксельных эффектов в современных редакторах векторного изображения огромен (в последней версии пакета CorelDRAW X3 их насчитывается 73). Номенклатура отдельно поставляемых фильтров пиксельных изображений включает в себя сотни наименований, и им посвящены отдельные книги. В настоящей главе приводятся только несколько примеров примене-

ния эффектов к монохромным пиксельным изображениям (рис. 2.9.1). Краткая характеристика групп пиксельных эффектов дана в разд. 3.9.1.

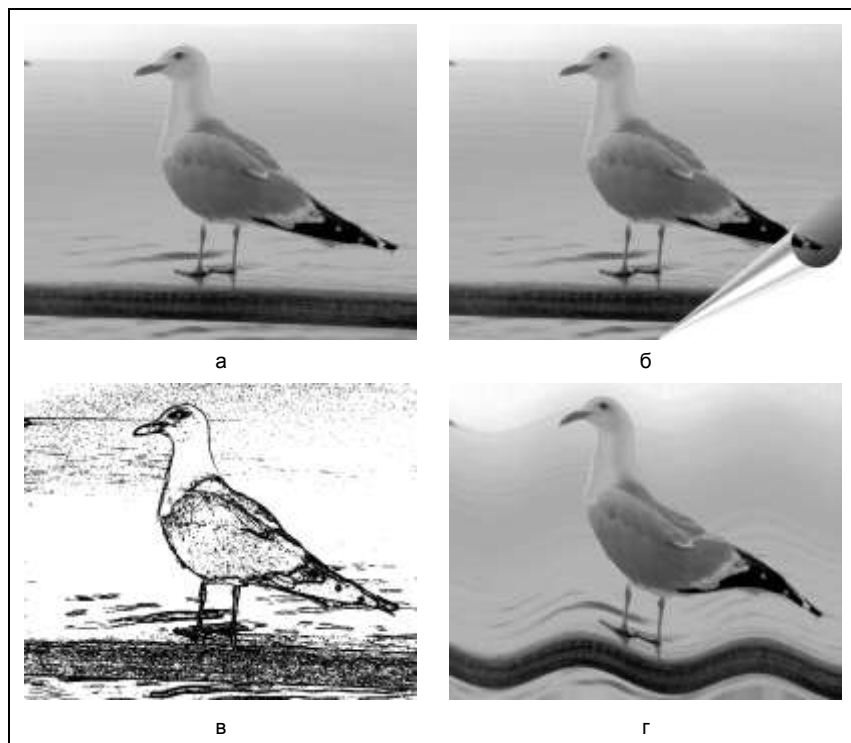


Рис. 2.9.1. Импортированное пиксельное изображение (а) и результаты его преобразования с помощью эффектов: б — отогнутого угла; в — поиска ребер; г — деформации волны

2.9.3. Растреризация векторных объектов

Растреризацией или растрированием называется процедура преобразования векторного изображения в пиксельное. Технически растреризация представляет собой операцию рендеринга информационной модели векторного изображения или его части (см. разд. 1.2.2). Результат — пиксельное изображение в составе векторной информационной модели.

Для выполнения растреризации необходимо задать значения управляющих параметров:

- ❑ Цветовую модель — выбирается одна из моделей цвета, с использованием которой будет построено пиксельное изображение (см. разд. 1.3.3–1.3.8);

- ❑ Разрешение — число пикселей, приходящихся на единицу длины изображения при выводе (см. разд. 3.1.2);
- ❑ Размеры растра в пикселах или изображения в единицах измерения длины;
- ❑ Режим имитации — воспроизведение отсутствующих в палитре индексированной модели цвета тонов за счет визуального смыкания (см. разд. 1.3.4);
- ❑ Сглаживание — режим, при котором по краям строящегося пиксельного изображения добавляются полупрозрачные пиксели, что позволяет снизить резкость края этого изображения при наложении на фон (см. разд. 3.4.3);
- ❑ Прозрачный фон — режим, при котором фон пиксельного изображения (пространство, не занятое графическими объектами растеризуемого векторного изображения) формируется полностью прозрачным.

Чаще всего векторное изображение преобразуют в пиксельное, чтобы воспользоваться пиксельными эффектами и фильтрами. На рис. 2.9.2 приведена схема имитации воздушной перспективы в сочетании с геометрической перспективой для создания более правдоподобной иллюзии глубины пространства.

Эффект *воздушной перспективы*, состоящий в снижении резкости линий объектов по мере их удаления от наблюдателя, создается следующим образом. Сначала сцена условно разбивается на три плана — передний, средний и дальний. После этого графические объекты распределяются по планам, затем объекты среднего и дальнего плана преобразуются в пиксельные изображения. Полученные пиксельные изображения размываются с помощью пиксельного эффекта, причем объекты дальнего плана размываются сильнее.

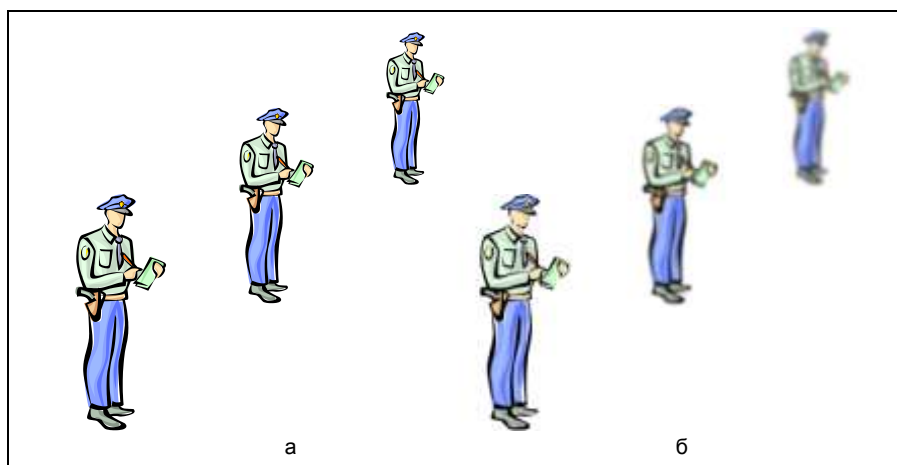


Рис. 2.9.2. Имитация воздушной перспективы размыванием пиксельных изображений:
а — исходное изображение; б — изображение после растеризации
и размывания дальних планов

2.9.4. Векторизация пиксельных объектов

Векторизацией или *трассировкой* пиксельного изображения называется построение векторного изображения по пиксельному. Эта операция намного сложнее, чем растрезизация из-за неформального характера преобразования. Векторизация — кропотливый процесс, требующий творческого подхода и плохо поддающийся автоматизации.

Необходимость в векторизации пиксельного изображения может возникнуть по одной из следующих причин:

- ❑ включение в векторное изображение пиксельного фрагмента неприемлемо по композиционным соображениям;
- ❑ имеющееся пиксельное изображение приходится масштабировать с большим увеличением, а возникающие из-за этого искажения недопустимы;
- ❑ требуется преобразовать в векторную форму изображение, подготовленное в традиционной графической технике, на бумаге;
- ❑ необходимо построить векторную карту по материалам аэрофото- или спутниковой съемки.

Некоторые из пиксельных изображений можно векторизовать с достаточным качеством в автоматическом режиме. Это в первую очередь относится к штриховым изображениям: рисункам пером, гравюрам, офортам.

2.9.5. Автоматическая векторизация

Одно из основных достоинств векторного изображения — его структурированность. Основой структурированности является иерархическая структура графических объектов, которые, в первом приближении, можно разделить на замкнутые и незамкнутые. Самая сложная задача при автоматической векторизации — выделение в составе пиксельного изображения фрагментов, из которых должны строиться векторные графические объекты.

подавляющее большинство программных средств для автоматической векторизации пиксельных изображений могут строить в качестве векторных графических объектов только замкнутые кривые, "обводя" ими области пиксельного изображения, примерно одинаковые по цвету. При обработке штриховых изображений или монохромных линейных рисунков такая методика дает неплохие результаты. На рис. 2.9.3 показан пример автоматической векторизации монохромного изображения, полученного при сканировании рисунка пером.

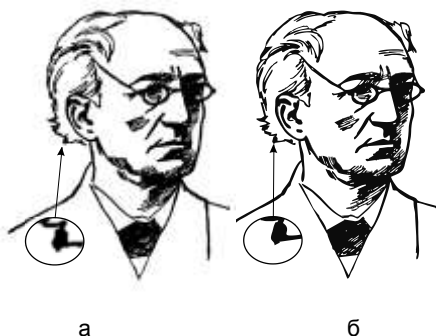


Рис. 2.9.3. Автоматическая векторизация линейного рисунка:
а — исходное монохромное изображение; б — результат векторизации

В результате автоматической векторизации была построена векторная информационная модель изображения, состоящая из 29 замкнутых линий, содержащих, в общей сложности, 4271 узел.

При настройке режима векторизации штрихового изображения основным управляющим параметром является сглаживание линий. Значение этого параметра управляет частотой размещения узлов на строящихся графических объектах. Чем оно меньше, тем точнее результат векторизации (больше мелких деталей сохраняется), но и размер информационной модели при этом возрастает. Увеличение сглаживания ведет к постепенной деградации деталей, но позволяет построить более компактную информационную модель.

При автоматической векторизации монохромных и полноцветных изображений кроме сглаживания задается управляющий параметр, ограничивающий число цветов заливки построенных замкнутых линий.

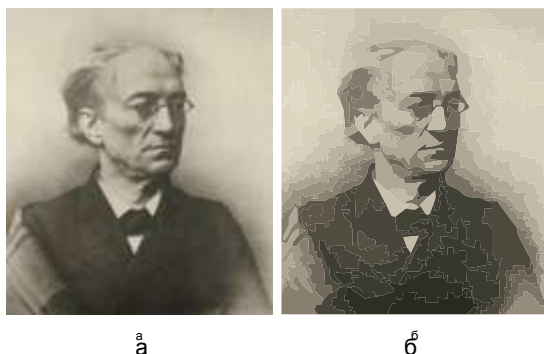


Рис. 2.9.4. Автоматическая векторизация фотографии:
а — исходное монохромное изображение; б — результат векторизации

В результате автоматической векторизации (рис. 2.9.4) была построена векторная информационная модель изображения, состоящая из 93 замкнутых линий, содержащих, в общей сложности, 4374 узла. Для заливки потребовалось 50 оттенков черного цвета. Даже поверхностный визуальный анализ показывает неудовлетворительность полученного результата. Мало того, что сформированный линейный рисунок дает лишь самое отдаленное представление об оригинале, он оказывается непригодным для назначения цветной заливки объектов вручную — раскрашивания изображения. На практике автоматической векторизации подвергают только штриховые изображения и рисунки, состоящие из совокупности равномерно окрашенных областей без плавных переходов цветов и тонов.

2.9.6. Ручная векторизация

Практика работы над векторными графическими проектами показывает, что для монохромных и полноцветных изображений оптимальным (по соотношению трудозатрат и качеству полученного результата) оказывается метод ручной векторизации. Основа эффективности этого метода — привлечение интеллекта пользователя. В процессе работы он упорядочивает детали изображения по степени значимости, именует и структурирует строящиеся объекты так, чтобы с ними было удобно работать. На рис. 2.9.5 показаны этапы векторизации отсканированной фотографии, выполненной вручную профессиональным дизайнером Ляйсан Марданшиной. В результате была построена векторная информационная модель изображения, содержащая 172 замкнутые линии, 18 пошаговых переходов и ореолов, 34 линзы.

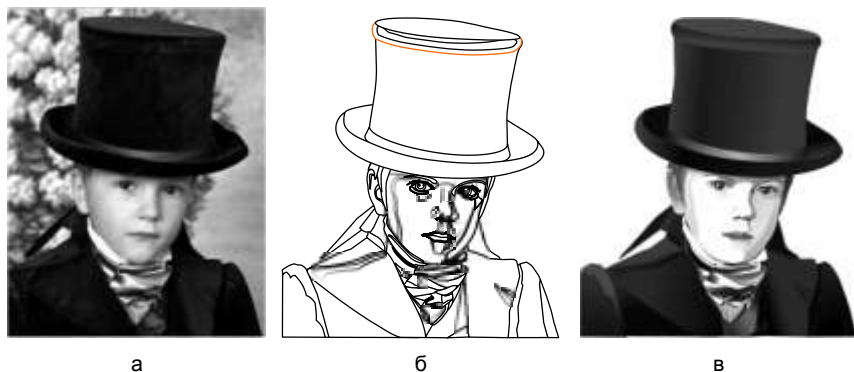


Рис. 2.9.5. Этапы ручной векторизации: а — пиксельное изображение;

б — построенные поверх изображения замкнутые линии, ореолы и пошаговые переходы;

в — итоговое векторное изображение с заливками

На первом этапе ручной векторизации пиксельное изображение приводят к размеру, необходимому для последующей работы. Если изображение штриховое, на этом этапе рекомендуется изменить цвет обводки его линий (т. е. цвет переднего плана) на светлый оттенок неяркого цвета, на фоне которого будут хорошо видны линии строящихся векторных объектов. После этого целесообразно защитить импортированное пиксельное изображение от изменений во избежание случайного смещения из исходного положения.

На втором этапе ручной векторизации над изображением строят замкнутые линии любым способом, удобным пользователю. В тех местах, где векторизуемые объекты перекрываются другими объектами, нет необходимости строить сложные линии, и они предельно упрощаются. В заключение этого этапа строят незамкнутые кривые.

Одновременно с построением кривых целесообразно упорядочивать вновь построенные объекты в стопке, именовать их, группировать или соединять объекты, которым впоследствии будет назначаться одинаковая заливка.

На третьем этапе ручной векторизации ранее построенным объектам назначают параметры заливки и обводки. Большинство объектов получают однородную заливку. Там, где требуется плавный переход цвета, возможно применение одного из трех приемов: назначение градиентной заливки, построение в границах объекта пошагового перехода или ореола с желаемым сочетанием начальных и конечных параметров заливки, имитирующих плавный переход цвета. Наконец, к отдельным объектам и частям изображения могут применяться линзы или сетчатые заливки.

2.9.7. Базовые приемы коллажа

В дизайне коллажем называется работа, скомпонованная из готовых фрагментов. В компьютерной графике этот термин трактуется несколько уже. *Коллаж* — композиция, включающая в себя фрагменты векторных и пиксельных изображений. При работе над векторными графическими проектами, это, как правило, несколько импортированных пиксельных изображений (импортированных объектов) в составе векторной информационной модели.

Условно коллажи из векторных графических объектов и импортированных пиксельных изображений можно разделить на две категории: пиксельное изображение с включенными в него векторными объектами и векторные композиции с пиксельными фрагментами.

Рассмотрим обе категории на примерах. На рис. 2.9.6 представлена фотография девушки, на которую в виде векторных фрагментов нанесены пирсинг и татуировка.



Рис. 2.9.6. Векторные фрагменты
поверх импортированного пиксельного изображения

Подобного рода коллаж выполняется следующим образом:

1. Импортируют базовое пиксельное изображение (считывают из графического файла или сканируется).
2. По мере необходимости с помощью пиксельных эффектов корректируют цвет, для локального изменения светлоты изображения, и применяют линзы.
3. Выше пиксельного изображения в стопке объектов располагают векторные графические объекты.

Во избежание случайного смещения пиксельного изображения его можно разместить на отдельном слое.

Чтобы визуально объединить векторное изображение деталей пирсинга и пиксельный портрет, были построены падающие тени. Татуировка была создана следующим образом:

1. Сформировали группу из фигурного текста и подходящей стандартной фигуры в виде ленты.
2. Изображение группы слегка изогнули с помощью огибающей.
3. Поверх огибающей построили группу прозрачности, и линзе прозрачности назначили линейную заливку, что позволило сделать рисунок татуировки менее резким в дальней части.
4. Полученное изображение заключили в контейнер фигурной обрезки без обводки, отсекающий ту часть татуировки, которая уходит на обратную сторону плеча.



Рис. 2.9.7. Импортированные пиксельные изображения как фрагменты векторной композиции

Контейнеры фигурной обрезки применялись также для маскирования частей пирсинга, находящихся под кожей.

На рис. 2.9.7 представлен макет конверта компакт-диска с рекламой кадрового агентства. Основа этой композиции — векторное изображение.

Основная операция в коллажах такого типа — *обтравка* — маскирование фоновой части пиксельного изображения с приданием ему необходимой формы. Обтравка в векторных графических редакторах выполняется двумя способами.

Первый подходит в тех случаях, когда пиксельное изображение размещается на фоне с однородной заливкой, цвет которой не встречается в пикселах этого изображения. В большинстве векторных редакторов имеется возможность заменить произвольный цвет на прозрачный (метод цветовой маски).

Второй способ более трудоемкий, но и более универсальный. Он состоит в создании контура обтравки по конфигурации нужного фрагмента пиксельного изображения и использовании его в качестве контейнера фигурной обрезки для этого изображения.

ПРИМЕЧАНИЕ

На рис. 2.9.7 был применен метод обтравки с помощью контейнеров фигурной обрезки в виде сегментов кольца.

Для реализации двух упомянутых типов коллажа существует великое множество частных технических приемов сочетания пиксельных и векторных изображений, и выбор оптимального приема для конкретного проекта будет залогом успешности его результата.

Список новых терминов

- ☐ Импорт пиксельного изображения
- ☐ Настройка цвета пиксельного изображения
- ☐ Цветовая маска
- ☐ Пиксельный эффект
- ☐ Растеризация (растрирование)
- ☐ Повторное растрирование
- ☐ Векторизация (трассировка)
- ☐ Пиксельный фильтр
- ☐ Коллаж
- ☐ Обтравка

Контрольные вопросы

1. Какие причины приводят к необходимости совместного использования векторных и пиксельных изображений?
2. Каковы основные специфические параметры объектов класса "Импортированное пиксельное изображение"?
3. Какие действия выполняются при импорте пиксельного изображения?
4. Какие операции входят в группу настройки цвета пиксельного изображения?
5. Чем различаются пиксельные эффекты и преобразования пиксельных фильтров?
6. Что лежит в основе операции растеризации?
7. Какие параметры управляют растеризацией?
8. Как имитируется эффект воздушной перспективы в векторной графике?
9. Чем обусловлена повышенная сложность операции векторизации пиксельного изображения?

10. В каких случаях может потребоваться векторизация?
11. Какие параметры управляют процедурой автоматической векторизации?
12. Для каких изображений автоматическая векторизация дает приемлемые результаты?
13. В чем основные преимущества и недостатки автоматической векторизации?
14. Каковы основные этапы ручной векторизации?
15. В чем основные преимущества и недостатки ручной векторизации?
16. Какие приемы векторной графики применяют при создании коллажей?

Темы для обсуждения

1. Настройка пиксельного изображения при импортировании.
2. Применение растеризации и автоматической векторизации для построения графических объектов.
3. Особенности работы с импортированными штриховыми изображениями.
4. Изобразительные возможности коллажа из векторных и пиксельных графических фрагментов.

2.10. Вывод векторных изображений

В современных условиях результаты графических проектов могут использоваться различными способами. Чаще всего векторные графические проекты завершаются печатью тиража с применением полиграфических технологий. Достаточно часто полученные изображения присутствуют в мультимедийных продуктах и на страницах Web. Иногда векторные графические объекты и изображения применяются в проектах трехмерного моделирования, и в этом случае результат проектирования является промежуточным.

Во всех рассмотренных случаях не обойтись без операций сохранения информационной модели в графическом файле. К сохранению вплотную примыкают операции экспорта, необходимые для передачи построенной информационной модели изображения для обработки с помощью программных средств, отличных от использовавшихся в графическом проектировании.

Когда выпуск большого тиража построенных изображений не требуется, возможен вывод результатов проекта на печать не в типографии или бюро полиграфического обслуживания, а на печатающее устройство, подключенное к компьютеру пользователя. В этих случаях необходима настройка печатающего устройства и вывод с помощью операций, предусмотренных графическими редакторами.

В этой главе рассматриваются форматы, предназначенные для хранения векторной информационной модели изображения в графическом файле, и вопросы, относящиеся к выводу векторного изображения на печать.

2.10.1. Форматы сохранения и экспорта

Для сохранения информационной модели векторного изображения в графическом файле практически у каждой программы векторной компьютерной графики имеется собственный формат. Однако некоторые из них, в силу различных причин, получили большее распространение, чем остальные. Именно их и рассмотрим в этом разделе.

Формат Adobe PostScript

Этот формат графических файлов был разработан в начале 80-х годов прошлого века для представления векторной графической информации, предназначенной для вывода на печатающее устройство. В настоящее время авторскими правами на этот формат обладает фирма Adobe. В соответствии с этим форматом графическая информация кодируется в виде текстовых фрагментов, каждый из которых представляет собой команду управления печатающим устройством. Поэтому наряду с форматом PostScript говорят и об одноименном языке.

ПРИМЕЧАНИЕ

На момент окончания работы над книгой последней является третья версия этого языка — PostScript Level 3.

Команды языка PostScript могут интерпретироваться (непосредственно выполняться) процессором, встроенным в печатающее устройство, считываться программами векторной графики для дальнейшей работы над изображением или преобразовываться в графические файлы других форматов с помощью специальных программ.

Стандартные расширения для файлов PostScript — ps и prn.

В файлах формата PostScript содержится полная информация графической модели — все векторные объекты, располагающиеся на страницах многостраничного документа, импортированные изображения, использованные гарнитуры, информация, добавленная в процессе допечатной подготовки (деленные полосы в пиксельном виде, см. *разд. 3.11.4*, линиатура растра, см. *разд. 3.11.1*), данные о настройке печатающего устройства.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для включения в файл формата PostScript импортированных пиксельных изображений и другой информации в пиксельном формате предусмотрены два альтернативных варианта кодирования: двоичный и символьный. Последний позволяет открывать файлы формата PostScript как текстовые.

Файлы в формате PostScript могут считываться в процессе импорта изображений практически всеми программами верстки. На основе графического формата PostScript был разработан "облегченный" вариант Encapsulated PostScript.

Формат Encapsulated PostScript

Этот формат графических файлов очень широко распространен благодаря сравнительной простоте, надежности и универсальности. В отличие от своего предшественника, формата PostScript, он не позволяет сохранять многостра-

нические документы, в нем реализована упрощенная версия языка PostScript, в котором имеются не все команды для настройки печатающего устройства.

Стандартное расширение для файлов Encapsulated PostScript — `eps`.

Файлы в этом формате могут передаваться для печати на устройства, интерпретирующие язык PostScript, или открываться для последующего редактирования. В состав файла Encapsulated PostScript можно включать *прообраз* — пиксельный вариант хранящегося в файле изображения. Это целесообразно делать, поскольку не все программы верстки могут интерпретировать язык PostScript, и, следовательно, не могут отображать на экране содержимое файла в виде изображения. При наличии прообраза, именно на его основе выполняется верстка страниц для печати, а при выводе документа на печатающее устройство вместо прообраза подставляется полная информационная модель изображения, с которой работает не программа верстки, а процессор печатающего устройства.

ПРИМЕЧАНИЕ

При выводе файла Encapsulated PostScript на печатающее устройство, не способное интерпретировать язык PostScript, вместо полной информационной модели изображения для окончательного рендеринга используется прообраз. Поскольку прообраз обычно имеет невысокое разрешение (см. разд. 3.1.2), качество печати получается низким.

Формат CorelDRAW

Собственный формат представления графических данных векторного графического редактора CorelDRAW распространен достаточно широко, поскольку на платформе PC этот редактор устойчиво удерживает лидерство уже не первое десятилетие. На момент работы над книгой последняя версия этой программы была тринадцатой по счету.

Стандартное расширение для файлов CorelDRAW — `cdr`.

Изображения в этом формате можно импортировать в большинство программ верстки и офисные программы.

К важным достоинствам формата следует отнести большие предельные размеры изображения (до величины футбольного поля), что удобно при работе с рекламными графическими проектами. Формат позволяет сохранять использованные гарнитуры, работать с многостраничными документами и включать импортированные пиксельные изображения, а также пользоваться всеми распространенными цветовыми моделями.

К отрицательным сторонам этого формата относится слабая совместимость версий из-за постоянных изменений, вносимых в него фирмой Corel.

Формат Adobe Illustrator

Собственный формат представления графических данных векторного графического редактора Adobe Illustrator. Наиболее распространен на платформе Mac и является вариантом формата PostScript, в который добавлены отдельные составные графические объекты (например, сетчатые заливки).

Стандартное расширение для файлов Adobe Illustrator — ai.

Этот формат очень удобен для обмена векторными изображениями между различными программами, платформами PC и Macintosh, а также для их передачи в системы трехмерного моделирования.

Формат SVG

SVG представляет собой быстро распространяющийся формат векторного изображения для размещения на страницах Web. Он получил свое название по аббревиатуре английских слов Scalable Vector Graphics (масштабируемая векторная графика). Формат разработан на основе языка разметки XML и позволяет описывать информационные модели векторных изображений (как статические, так и динамические, т. е. анимированные). Это открытый формат, не являющийся чьей-либо собственностью.

Графические файлы в формате SVG текстовые, т. е. их можно читать и редактировать при помощи текстового редактора. Представление графической модели получается достаточно компактное и полностью совместимое с форматом языка разметки XML.

На основе SVG разработан и его "сжатый" вариант SVGZ, в котором текст с описанием информационной модели векторного изображения запакован с помощью архиватора.

Формат PDF

Строго говоря, PDF (Portable Document Format, формат портативного документа), разработанный фирмой Adobe, не является форматом графических документов. Его назначение — обеспечивать передачу комплексных документов, включающих в себя текст, графические изображения и фрагменты мультимедиа по сетям связи, гарантируя одинаковое отображение документов у разработчика и у клиента. Чаще всего он служит альтернативой передаче бумажной версии всевозможной документации. Однако большинство программ компьютерной графики могут создавать файлы такого формата.

Файлы в формате PDF могут содержать в себе сжатые данные, причем в пределах одного документа возможно несколько различных схем сжатия. Записывать файлы в формате PDF могут различные программы, открываются они, как правило, только на чтение с помощью бесплатной программы фирмы Adobe Acrobat Reader.

Начиная с версии 4, в графический файл формата PDF могут встраиваться цветовые профили ICC и данные подготовки к публикации (деленные формы, треппинг и т. п.).

Форматы WMF и EMF

Формат графического файла WMF (Windows MetaFile, метафайл Windows) был первоначально предназначен для переноса изображений через системный буфер между программами, работающими в среде операционной системы Windows. В дальнейшем он был доработан для включения дополнительных объектов и импортированных пиксельных изображений.

В настоящее время для тех же целей применяется разработанный на основе WMF новый формат EMF (Extended MetaFile, расширенный метафайл), в котором были устранены недостатки его предшественника и добавлены новые возможности.

Форматы AutoCAD

Система автоматизации проектирования AutoCAD, разработанная фирмой Autodesk, располагает мощным графическим ядром для работы с векторными графическими объектами. Из большого числа форматов, существующих в этой системе, наибольшее распространение получили два: AutoCAD Drawing и AutoCAD Interchange File (расширения файлов, соответственно, dwg и dxf).

AutoCAD Drawing — стандартный формат файла для сохранения векторных графических объектов, созданных в AutoCAD. AutoCAD Interchange File — формат обмена данными чертежей для экспорта чертежей AutoCAD в другие приложения или импорта чертежей из них.

Форматы пиксельной графики

Экспорт векторного изображения в формат пиксельного графического документа требует предварительного преобразования векторной информационной модели в пиксельную (см. разд. 2.9.3). Соответствующие форматы подробно рассмотрены в разд. 3.3.2–3.3.11.

2.10.2. Настройка печатающего устройства

Процедура настройки печатающего устройства во многом определяет качество полученных отпечатков. При работе с современными печатающими устройствами она сводится к заданию управляющих параметров через интерфейс драйвера печатающего устройства. Как правило, этот интерфейс (или отдельные его элементы) встраивается в интерфейс пользователя графических программных средств.

Основные управляющие параметры обеспечивают следующие операции:

- ☐ Выбор печатающего устройства.
- ☐ Выбор части документа, подлежащей выводу.
- ☐ Настройка параметров листа и источника подачи бумаги.
- ☐ Выбор режима вывода.
- ☐ Задание числа копий и режима раскладки.
- ☐ Настройка режима двухсторонней печати.
- ☐ Настройка режима управления цветом.

При выборе печатающего устройства пользователь может указать, каким именно устройством из числа подключенных к компьютеру (локальных) или доступных через сеть (сетевых) он намерен воспользоваться. Если эта операция не выполняется, вывод направляется на устройство, выбранное по умолчанию.

При выборе части документа предоставляются следующие альтернативы:

- ☐ Вывод активного документа.
- ☐ Вывод совокупности открытых документов.
- ☐ Вывод только активной страницы документа.
- ☐ Вывод указанных страниц документа (с возможностью выводить только четные или только нечетные страницы).
- ☐ Вывод только выделенных объектов.

При настройке листа печатного документа указывают формат листов бумаги, который должен использоваться при выводе, их местоположение (при наличии у печатающего устройства нескольких лотков подачи бумаги) и ориентация листов — книжная или альбомная.

Книжной ориентацией называется расположение листа при печати таким образом, что в напечатанной копии документа длинная сторона листа ориентирована вертикально.

Альбомной ориентацией называется расположение листа при печати таким образом, что в напечатанной копии документа короткая сторона листа ориентирована вертикально.

При выборе режима вывода указывают параметры, управляющие качеством отпечатка и аппаратным разрешением вывода (см. разд. 3.1.2).

При задании числа копий устанавливают, сколько экземпляров документа должно быть выведено на печать, и как следует разложить в приемном лотке страницы копий при выводе многостраничных документов.

В некоторых печатающих устройствах предусмотрена возможность двусторонней печати (или ее полуавтоматическая имитация). В последнем случае вначале печатаются только страницы, расположенные на лицевой стороне листов печатных копий. Затем вывод приостанавливается, и на экране появляется инструкция о том, как следует переложить напечатанные с одной стороны листы в лоток подачи бумаги. После этого печать продолжается, причем печатаются только страницы, расположенные на оборотной стороне листов печатных копий. Режим двусторонней печати часто настраивают для вывода на печатающее устройство подготовленных сигнатур (см. разд. 2.10.3).

При настройке режима управления цветом можно выбрать способ, которым будут согласовываться цветовые пространства печатаемого документа и печатающего устройства (см. разд. 1.3.11 и 1.3.12). Как правило, предоставляются следующие альтернативы:

- ☐ Согласование средствами системы управления цветом, встроенной в операционную систему (это наиболее предпочтительный вариант при наличии такой системы и ее правильной настройке).
- ☐ Согласование средствами драйвера печатающего устройства.
- ☐ Отключение режима согласования.

2.10.3. Макет печатного документа

В контексте вывода графического документа на печать термин *макет* означает способ расположения страниц печатаемого документа на листах носителя, заложенных в лоток подачи печатающего устройства.

Настройка макета предполагает задание управляющих параметров трех основных операций:

- ☐ репозиции;
- ☐ разбиения;
- ☐ импозиции.

Репозиция — автоматическое перемещение выводимого на печать изображения относительно листа печатающего устройства — выполняется в тех случаях, когда страница печатаемого документа меньше по размеру, чем лист носителя. При репозиции задаются параметры смещения печатаемой страницы относительно листа и вариант масштабирования. На рис. 2.10.1 представлены возможные варианты репозиции без масштабирования.

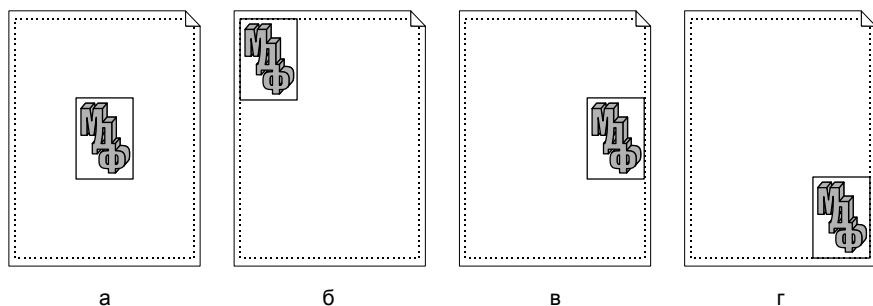


Рис. 2.10.1. Варианты репозиции страницы при выводе на печать:
 а — репозиция по центру листа; б — репозиция по верхнему левому углу;
 в — репозиция по середине правой стороны листа;
 г — репозиция по правому нижнему углу

ПРИМЕЧАНИЕ

На рис. 2.10.1 сплошной тонкой линией показана граница страницы печатаемого документа, а пунктиром — область печати на листе носителя, за пределами которой печать невозможна по техническим причинам.

При репозиции с масштабированием чаще всего выбирают вариант увеличения размеров страницы до габаритов листа. Однако можно задать и произвольное значение коэффициента масштабирования.

Разбиение — преобразование одной страницы выводимого документа в несколько страниц (полос), каждая из которых впоследствии печатается на отдельном листе. Эта операция выполняется в тех случаях, когда страница печатаемого документа превышает по размеру лист носителя.

Управляющие параметры разбиения:

- ☐ число полос по горизонтали;
- ☐ число полос по вертикали;
- ☐ величина перекрытия полос.

Величина перекрытия полос, отличная от нуля, позволяет точно совместить листы после их обрезки без риска появления белых просветов. На рис. 2.10.2

представлено разбиение графического документа на две полосы по горизонтали с величиной перекрытия полос 20% и репозицией по середине левой стороны листа.

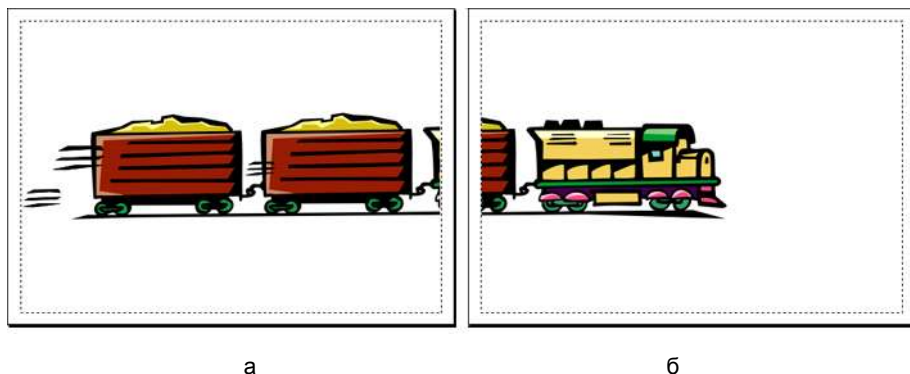


Рис. 2.10.2. Разбиение графического документа при выводе:
а — первая полоса; б — вторая полоса

В тех случаях, когда предполагается не только печать документа (возможно, двусторонняя), но и последующее его сгибание, сшивка и обрезка (флаеры, брошюры, открытки, буклеты и т. п.), применяется операция импозиции, в результате которой формируются сигнатуры.

Импозиция (электронный спуск полос) — размещение нескольких страниц многостраничного графического документа на листе печатающего устройства.

Сигнатура — совокупность страниц графического документа, размещенная на одном листе печатающего устройства.

Схема расположения страниц печатаемого документа в сигнатуре называется *спусковым макетом*. Кроме собственно страниц в него входят поля для подшивки и обрезки, полиграфические метки, по которым впоследствии будет выполняться сгибание и обрезка, номера сигнатур и денситометрические шкалы.

Существует много стандартных спусковых макетов, но большинство векторных графических редакторов позволяют создавать, настраивать и сохранять для дальнейшего использования пользовательские варианты спусковых макетов.

На рис. 2.10.3 представлены обе сигнатуры буклета, получающегося после двукратного сгибания листа по средним линиям.

- ☐ Книжная ориентация
- ☐ Альбомная ориентация
- ☐ Макет печатного документа
- ☐ Репозиция
- ☐ Разбиение
- ☐ Импозиция
- ☐ Сигнатура
- ☐ Спусковой макет

Контрольные вопросы

1. Каковы способы использования результатов векторных графических проектов?
2. Почему необходимо иметь возможность сохранения информационной модели изображения в различных форматах?
3. В каких случаях целесообразно печатать результат графического проекта на локальном печатающем устройстве?
4. Для чего предназначен язык PostScript и что представляет собой графический файл PostScript?
5. Какие компоненты вычислительной системы преобразуют язык PostScript в команды печатающего устройства?
6. Чем формат Encapsulated PostScript отличается от формата PostScript?
7. Для чего в состав файлов Encapsulated PostScript включают прообраз?
8. Каковы достоинства и недостатки форматов векторных редакторов CorelDRAW и Adobe Illustrator?
9. Каково назначение формата SVG?
10. Для чего предназначены форматы графических метафайлов?
11. Какими операциями управляют параметры, значения которых задаются в процессе настройки печатающего устройства?
12. Какие части графического документа можно выводить на печать?
13. Что такое ориентация листа?
14. Каким образом имитируется двусторонняя печать на печатающих устройствах, не имеющих для этого аппаратных средств?

15. Какие альтернативы управления цветом предоставляют драйверы устройств печати?
16. Какими операциями управляют настройки макета?
17. Для чего применяется операция репозиции?
18. Для чего нужна операция разбиения и каковы ее управляющие параметры?
19. Что такое полоса печати?
20. Для чего необходимо перекрытие полос печати?
21. В каких случаях требуется операция импозиции и что получается в ее результате?
22. Какие элементы входят в спусковой макет?
23. Какие преимущества дает режим предварительного просмотра результатов печати?

Темы для обсуждения

1. Эволюция форматов векторных графических файлов.
2. Сравнительный анализ стратегий управления цветом при выводе на печать.
3. Стандартные спусковые макеты и их применение.
4. Методика настройки пользовательского спускового макета.

ЧАСТЬ III

ПИКСЕЛЬНАЯ ГРАФИКА

3.1. Разрешение и размеры пиксельного изображения

При работе с пиксельной информационной моделью необходимо обеспечить визуальное восприятие изображения после вывода без различения границ, разделяющих отдельные пиксели. С другой стороны, технические ограничения любого устройства графического вывода позволяют воспроизвести на единице площади не более определенного объема графической информации. Если соответствующая этой площади часть информационной модели содержит больший объем информации, то разница будет просто утрачена в процессе вывода.

В этой главе рассматриваются основные понятия и закономерности, позволяющие рассчитать необходимые параметры информационной модели пиксельного изображения таким образом, чтобы, во-первых, визуальной информации в пиксельном изображении было достаточно для его восприятия как непрерывного, и, во-вторых, чтобы ее объем не был избыточным (во избежание неэффективного расходования времени на обработку).

3.1.1. Визуальное смыкание

Визуальное смыкание — физиологическая особенность человеческого зрения, играющая значительную роль в компьютерной графике и полиграфии, — состоит в том, что при рассматривании двух близко расположенных друг к другу объектов с большого расстояния они сливаются в один объект с усредненными цветовыми характеристиками. Исследования физиологов зрения показали, что область проявления визуального смыкания зависит от остроты зрения человека, но, в среднем, составляет от 0,8 до 1,5 угловых минут.

Причина визуального смыкания — дискретность сетчатки человеческого глаза, состоящей из светочувствительных клеток вполне определенных размеров.

На рис. 3.1.1 схематически изображены глаз наблюдателя и два объекта различного цвета, но одинаковой формы, а также обозначены геометрические параметры, имеющие отношение к явлению визуального смыкания.

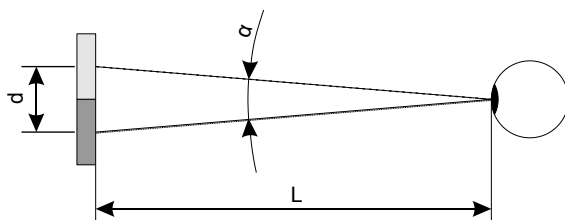


Рис. 3.1.1. Схема явления визуального смыкания

Из геометрических соображений следует соотношение

$$d = 2 \times L \times \operatorname{tg}(\alpha/2), \quad (3.1.1)$$

где d — расстояние между центрами объектов (в рассматриваемом случае совпадающее с размером объектов); L — расстояние от объекта до глаза; α — угловое расстояние между центрами объектов.

Чтобы изображение из составленных вплотную квадратных пикселей выглядело слитно, расстояние между центрами смежных пикселей (или, что то же самое, их габаритный размер) не должно превышать значения, рассчитанного по формуле (3.1.1) для углового расстояния, соответствующего пределу визуального смыкания. Результаты расчетов приведены в табл. 3.1.1.

Таблица 3.1.1. Размеры пикселей и разрешения вывода, обеспечивающие слитное восприятие пиксельного изображения

Расстояние до объектов, мм	Острота зрения			Острота зрения		
	Исключительная	Высокая	Норма	Исключительная	Высокая	Норма
	Размер пикселей, мм			Разрешение, ppi		
250	0,06	0,07	0,11	437	349	233
300	0,07	0,09	0,13	364	291	194
500	0,12	0,15	0,22	218	175	116
1000	0,23	0,29	0,44	109	87	58
1500	0,35	0,44	0,65	73	58	39
2000	0,47	0,58	0,87	55	44	29
3000	0,70	0,87	1,31	36	29	19
5000	1,16	1,45	2,18	22	17	12
10000	2,33	2,91	4,36	11	9	6
15000	3,49	4,36	6,54	7	6	4

Следует отметить, что приведенные соотношения справедливы только для рассматривания объектов в отраженном свете. Для источников света явление визуального смыкания наступает при вдвое-втрое больших угловых расстояниях. Из-за этого размеры светящихся пикселей (на экране монитора, телевизора или плазменной панели) могут быть значительно больше, чем у пикселей напечатанного на бумаге изображения.

Визуальное смыкание помогает воспроизводить различные оттенки в печатающем устройстве, заправленном одной краской (см. разд. 3.1.3), а с помощью зерен светящегося люминофора всего трех цветов отображать на экране монитора миллионы различных цветов. При расчете значений параметров пиксельного изображения, обеспечивающих соблюдение условий визуального слияния, чаще пользуются не размером пикселей, а производной величиной — разрешением.

3.1.2. Разрешение и размеры изображения

В информационной модели пиксельного изображения размер пикселей не используется. Строго говоря, размер пикселя определяется только в момент вывода изображения на печать или экран. На его величину влияют два размера: раstra информационной модели изображения в пикселах (по горизонтали и вертикали) и изображения после вывода в единицах длины. В компьютерной графике вместо размера пикселя употребляют обратную величину — разрешение.

Разрешением называется число пикселей, приходящееся на единицу длины изображения, выведенного на экран или печать. Во избежание искажений значения разрешения по горизонтали и по вертикали обычно равны, но они могут и различаться. Традиционно разрешение измеряется в пикселах на дюйм и обозначается аббревиатурой *ppi* (pixels per inch).

Одно и то же пиксельное изображение, содержащее 600 пикселей по горизонтали и 1200 по вертикали, можно вывести с различным разрешением, что, конечно, скажется на его размерах. В табл. 3.1.2 приведены габариты и размеры отдельного пикселя изображения при его воспроизведении с различными разрешениями.

Таблица 3.1.2. Влияние разрешения на размер изображения

Разрешение изображения, ppi	Размер изображения, мм		Размер пиксела, мм
	по горизонтали	по вертикали	
72	211,7	423,3	0,35
96	158,8	317,5	0,26
150	101,6	203,2	0,17
300	50,8	101,6	0,08
600	25,4	50,8	0,04

Из приведенных данных следует, что габариты отпечатка могут меняться в достаточно широком диапазоне. Рассчитать размеры пиксельного изображения после вывода можно по следующим формулам:

$$L_{\text{выв}} = N_{\text{гор}}/R_{\text{гор}}, \quad (3.1.2)$$

$$H_{\text{выв}} = N_{\text{вер}}/R_{\text{вер}}, \quad (3.1.3)$$

где $L_{\text{выв}}$ — размер изображения по горизонтали; $N_{\text{гор}}$, $N_{\text{вер}}$ — число пикселей в строке и столбце раstra соответственно; $H_{\text{выв}}$ — размер изображения по вертикали после вывода; $R_{\text{гор}}$, $R_{\text{вер}}$ — разрешение вывода по горизонтали и по вертикали.

ПРИМЕЧАНИЕ

В некоторых случаях из-за специфики устройства вывода задаются различные значения разрешения по горизонтали и вертикали. Тогда разрешение по горизонтали подставляется в формулу (3.1.2), а по вертикали — в (3.1.3).

В зависимости от типа устройства вывода разрешение при выводе на него может:

- ☐ быть жестко фиксированным;
- ☐ выбираться из ряда фиксированных значений;
- ☐ задаваться произвольно.

Разрешение изображения нельзя путать с *разрешающей способностью* устройств графического ввода и вывода (см. разд. 3.1.3) — характеристикой технических возможностей соответствующих устройств.

В работе над графическими проектами разрешение рассчитывается исходя из размеров требуемых отпечатков, расстояния, с которого эти отпечатки будут рассматриваться, и разрешающей способности печатающих устройств, на которых будут изготавливаться отпечатки.

3.1.3. Разрешающая способность устройств ввода и вывода

Аппаратной *разрешающей способностью* устройства графического ввода называется его техническая характеристика, определяющая, в скольких точках на единицу длины изображения анализируются его цветовые характеристики. Процедура анализа цветовых характеристик в одной точке с преобразованием их в параметры той или иной цветовой модели называется *отсчетом*.

В компьютерной графике графический ввод чаще всего осуществляется с помощью съемки цифровой камерой или сканирования. Разрешающая способность при этом определяет габариты создаваемого пиксельного изображения — максимальные значения $N_{\text{гор}}$ и $N_{\text{вер}}$ см. формулы (3.1.2) и (3.1.3).

Разрешающая способность при съемке

При съемке цифровой камерой разрешающая способность не определена, поскольку роль исходного изображения играет фотографируемая трехмерная сцена. Габариты создаваемого пиксельного изображения определяются характеристиками сенсора камеры и режимом съемки. Наиболее распространенные варианты приведены в табл. 3.1.3.

Таблица 3.1.3. Типовые размеры изображений, создаваемых цифровыми камерами

$N_{\text{гор}}$, пикселей	$N_{\text{вер}}$, пикселей	Назначение снимка
320	240	Стоп-кадр видео
640	480	Стоп-кадр видео
1024	768	Демонстрация на экране монитора
1280	960	То же
1600	1200	Печать малого формата
2048	1536	То же
2560	1920	Печать среднего формата
3072	2304	То же

ПРИМЕЧАНИЕ

Режимы съемки в камерах с большими размерами сенсоров позволяют строить более крупные изображения, чем приведены в табл. 3.1.3, но, как правило, эти режимы в различных моделях не совпадают друг с другом.

Разрешающая способность при сканировании

Предельное число отсчетов, которое устройство ввода может выполнить на единицу длины анализируемого изображения, иногда называется *оптической разрешающей способностью* этого устройства. Разрешающую способность устройства ввода выражают в отсчетах на дюйм и обозначают аббревиатурой *spi* (samples per inch).

ПРИМЕЧАНИЕ

Уточнение "оптическая" применяется потому, что в маркетинговых целях устройства ввода комплектуются драйверами, позволяющими рассчитывать цветовые характеристики в точках, расположенных между отсчетами. Разрешающая способность устройства при этом возрастает, но объем фиксируемой им визуальной информации — нет. Того же эффекта увеличения размеров построенного устройством ввода раstra в пикселах можно добиться с помощью повторного растривания с интерполяцией (см. разд. 3.1.7).

Чем больше разрешающая способность сканера, тем более мелкие участки изображения он анализирует при вводе, и наоборот. В современных сканерах разрешающая способность при вводе задается программно (обычно с точностью до 1 spi). Заданные значения разрешающей способности по-разному влияют на работу сканеров различных конструкций.

В наиболее распространенной конструкции — планшетном сканере — аппаратная часть устройства позволяет в некотором диапазоне менять размер областей отсчета, но только по той координате исходного изображения, ось которой перпендикулярна направлению движения каретки с сенсорами. Оптическая разрешающая способность по другой координате фиксирована, она определяется расстоянием между сенсорами, расположенными на подвижной каретке. Из-за этого реализация заданной разрешающей способности при сканировании на планшетном сканере требует выполнения вычислений по алгоритмам интерполяции, при которых цветовая характеристика пиксела определяется не измерением, а расчетом по данным нескольких измерений для смежных отсчетов.

Для более сложных и дорогих лазерных сканеров процедуры интерполяции при сканировании выполняются реже, поскольку их конструкцией предусмотрена возможность изменения размера области отсчета по обоим координатам в достаточно широком диапазоне.

Размеры получаемого при сканировании пиксельного изображения рассчитываются по следующим формулам:

$$N_{\text{гор}} = L_{\text{вв}} \times R_{\text{ск}}; \quad (3.1.4)$$

$$N_{\text{вер}} = H_{\text{вв}} \times R_{\text{ск}}, \quad (3.1.5)$$

где $L_{\text{вв}}$ и $H_{\text{вв}}$ — размеры сканируемого изображения по горизонтали и вертикали; $N_{\text{гор}}$, $N_{\text{вер}}$ — число пикселей в строке и столбце раstra пиксельного изображения соответственно; $R_{\text{ск}}$ — разрешающая способность при сканировании.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если разрешающая способность сканера по горизонтали и вертикали различна, то при расчетах в формулы (3.1.4) и (3.1.5) подставляют различные значения $R_{\text{ск}}$.

Очень часто приходится решать обратную задачу — определять численное значение разрешающей способности при сканировании, которое обеспечит оптимальный режим вывода отсканированного изображения в виде отпечатка требуемых размеров. Оптимальность вывода понимается как минимизация потерь и искажений визуальной информации, содержащейся в информационной модели пиксельного изображения. Потери могут возникать при невозможности воспроизведения всех пикселей, искажения — при нарушении границ визуального смыкания из-за чрезмерного размера пикселей на отпечатке. На практике рассчитывают оптимальное значение разрешения при выводе $R_{\text{пр}}$ (см. разд. 3.1.4), которое определяется исходя из технических особенностей печатающего устройства, и в большинстве случаев не может быть выбрано произвольно.

Если размеры отпечатка и отсканированного изображения должны совпадать, то разрешающая способность сканирования и разрешение вывода должны быть равны:

$$R_{\text{ск}} = R_{\text{пр}}. \quad (3.1.6)$$

Но отсканированное изображение редко воспроизводится с размерами оригинала. При увеличении исходного изображения на отпечатке расчет по формуле (3.1.6) даст заниженный результат, поскольку не будет учтено увеличение размера каждого из пикселей, что может привести к разрушению явления смыкания. Если изображение на отпечатке должно уменьшиться, построенных при сканировании пикселей окажется слишком много. Это приведет к "раздуванию" размеров файла графического документа и замедлению работы.

В этом случае сначала следует вычислить необходимые размеры изображения в пикселах по формулам:

$$N_{\text{гор}} = L_{\text{выв}} \times R_{\text{пр}}; \quad (3.1.7)$$

$$N_{\text{вер}} = H_{\text{выв}} \times R_{\text{пр}}, \quad (3.1.8)$$

где $L_{\text{выв}}$ и $H_{\text{выв}}$ — размеры пиксельного изображения по горизонтали и вертикали после вывода; $N_{\text{гор}}$, $N_{\text{вер}}$ — число пикселей в строке и столбце раstra пиксельного изображения соответственно; $R_{\text{пр}}$ — разрешение при выводе на принтер или иное устройство вывода.

ПРИМЕЧАНИЕ

Размерность длины и высоты (дюймы или сантиметры) определяются теми единицами измерения, в которых выражено разрешение вывода.

Затем по размерам изображения в пикселах вычисляется разрешающая способность при сканировании:

$$R_{\text{ск}} = N_{\text{гор}}/L_{\text{вв}}; \quad (3.1.9)$$

$$R_{\text{ск}} = N_{\text{вер}}/H_{\text{вв}}, \quad (3.1.10)$$

где $L_{\text{вв}}$ и $H_{\text{вв}}$ — размеры оригинала изображения по горизонтали и вертикали; $N_{\text{гор}}$, $N_{\text{вер}}$ — число пикселей в строке и столбце раstra пиксельного изображения соответственно; $R_{\text{ск}}$ — разрешение при сканировании.

ПРИМЕЧАНИЕ

Расчет по формуле (3.1.10) необходим только в том случае, когда разрешение вывода по горизонтали и вертикали различно.

Предположим, что на печатающее устройство нужно вывести с разрешением 200 ppi по обеим координатам фотографию размером 4×8 дюймов. По формулам (3.1.7) и (3.1.8) определяем, что для этого требуется пиксельное изображение с растром 800×1600 пикселей. При размере оригинала 1×2 дюйма потребуются увеличение изображения. Расчет по формуле (3.1.9) дает значение разрешающей способности сканирования 800 spi. Если же размер оригинала составлял 5×10 дюймов, то сканировать изображение следует с разрешением 160 spi.

Разрешающая способность при выводе

Аппаратной *разрешающей способностью* устройства графического вывода называется его техническая характеристика, определяющая, какое число точек или пикселей это устройство может разместить при выводе на единицу длины носителя. Выражается разрешающая способность устройства вывода в пикселах на дюйм (мониторы и устройства печати с непрерывным тоном), или в точках на дюйм (для устройств, воспроизводящих тон при помощи раstra) — в этом случае она обозначается аббревиатурой dpi (dots per inch). Размеры точки печатающего устройства совпадают с размером пиксела только для штриховой цветовой модели изображения (см. разд. 1.3.3). При использовании любой другой цветовой модели для воспроизведения пиксела требуется компактная совокупность точек печатающего устройства — элемент раstra (см. далее).

3.1.4. Оптимальное разрешение при выводе

При выборе значения разрешения главную роль играет тип устройства вывода и принцип, по которому оно формирует изображение. Из-за этого процедуры расчета оптимальных значений разрешения приходится рассматривать отдельно для различных типов устройств вывода. Общее для этих процедур — возможность установки разрешения выше или ниже оптимального, но при этом следует помнить, что завышение не приводит к улучшению качества отпечатка, но увеличивает размеры файлов и время работы; занижение ухудшает качество отпечатка, не компенсируя это ничем, кроме небольшого уменьшения размеров файлов.

Экранные приложения

Разрешающая способность устройств вывода, построенных на основе электронно-лучевой трубки, жидкокристаллической или плазменной панелей, определяется технологией изготовления этих устройств. Общим для них является наличие ячеек, каждая из которых может воспроизводить один пиксел изображения.

Согласно стандарту sVGA, на экране должно воспроизводиться минимум 800 пикселей по горизонтали и 600 — по вертикали. В современных мониторах имеется несколько режимов воспроизведения изображения, в некоторых из них один пиксел отображается группой смежных излучающих ячеек. Режим работы монитора выбирается средствами интерфейса операционной системы. Наиболее распространенные режимы и соответствующие им разрешающие способности монитора приведены в табл. 3.1.4.

При выводе на монитор значение разрешения, заданное в графическом документе, игнорируется, поскольку альтернативы нет — изображение будет выведено с разрешением, соответствующим выбранному режиму работы монитора. Если разрешение, заданное в графическом документе, численно совпадает с разрешающей способностью монитора, линейные размеры изображения на экране будут соответствовать размерам, предусмотренным графическим документом. Если разрешение графического документа больше, размеры изображения на экране превысят заданные. Это происходит потому, что каждому пикселу документа при выводе сопоставляется пиксел монитора. Из-за этого квадрат со стороной 1 см при разрешении вывода 150 ppi на экране будет иметь такой же размер, как квадрат со стороной 0,5 см при разрешении вывода 300 ppi, причем этот размер будет больше истинного (см. табл. 3.1.4).

Таблица 3.1.4. Режимы работы монитора и его разрешающая способность

Размеры раstra в пикселях		Диагональ, дюймов	Размер изображения, дюймов		Размер пиксела, мм	Разрешающая способность, dpi
х	у		х	у		
800	600	14	11,2	8,4	0,36	71
1024	768	14	11,2	8,4	0,28	91
1280	720	14	12,2	6,9	0,24	105
1280	1024	14	10,9	8,7	0,22	117
800	600	15	12,0	9,0	0,38	67
1024	768	15	12,0	9,0	0,30	85
1280	720	15	13,1	7,4	0,26	98
1280	1024	15	11,7	9,4	0,23	109
800	600	17	13,6	10,2	0,43	59
1024	768	17	13,6	10,2	0,34	75
1280	720	17	14,8	8,3	0,29	86
1280	1024	17	13,3	10,6	0,26	96

Поэтому при подготовке графических документов для вывода на экран значение разрешения нет необходимости рассчитывать — его следует выбрать равным разрешающей способности монитора в заданном режиме.

ПРИМЕЧАНИЕ

Это правило не всегда удастся соблюдать. При разработке изображений для Web или мультимедийных презентаций заранее неизвестно, в каком режиме будет работать монитор пользователя. В такой ситуации обычно приходится жертвовать точностью воспроизведения размеров и пользоваться одним из стандартных значений разрешения — 72, 92 или 96 ppi. Первое из этих значений в большинстве программ пиксельной компьютерной графики по умолчанию назначено графическим документам, полученным с помощью цифровых фотокамер.

Вывод твердой копии

При выводе графического документа на печать приходится отдельно рассматривать несколько ситуаций. Это обусловлено двумя причинами. Первая — при выводе на печатающие устройства различных типов по-разному реализуется воспроизведение тонов (оттенков базового цвета использующейся в графическом документе цветовой модели). Наиболее общая классификация (см. разд. 1.1.5) разделяет по этому признаку все печатающие устройства

на две категории: с растровым и с непрерывным тоном. К первой относятся лазерные и струйные принтеры, а также фотонаборные автоматы. Ко второй — термосублимационные принтеры, слайд-принтеры и цифровые фотолаборатории.

Вторая причина, по которой приходится по-разному рассчитывать разрешение вывода на печать для различных ситуаций, состоит в том, что применяемые цветовые модели могут иметь различную глубину цвета. На практике при выводе на печать приходится различать штриховую, монохромную и полноцветные модели (чаще всего субтрактивную, см. *разд. 1.3.6*).

Для воспроизведения пикселей изображения штриховой модели (см. *разд. 1.3.3*) не нужны оттенки, поэтому при их выводе на печать растры не требуются. При воспроизведении монохромного изображения необходимо выводить на печать оттенки базового цвета. Для этого применяются типографские (или, иначе, полиграфические) растры. *Типографским растром* называется прием, основанный на визуальном смыкании, при котором группа близко расположенных точек воспринимается как пиксел цвета, принадлежащего монохромной шкале, в качестве базовых цветов которой выбираются цвета краски, заряженной в печатающее устройство, и носителя, на котором формируется отпечаток.

ПРИМЕЧАНИЕ

Не следует путать типографский растр с растром, составленным из пикселей изображения, и являющимся основой пиксельной модели изображения. Типографский растр применяется только при выводе на печатающее устройство.

ПРИМЕЧАНИЕ

Две основные разновидности типографского растра рассмотрены далее в отдельных подразделах.

Разрешающая способность при выводе на устройство печати с растровым тоном измеряется в точках на дюйм (dpi). Современные монохромные принтеры и фотонаборные автоматы обеспечивают разрешающую способность от 300 до 1200 dpi, наиболее совершенные и дорогие устройства — 2400 dpi и более.

При воспроизведении полноцветного изображения на устройствах с растровым тоном каждому из базовых цветов субтрактивной модели соответствует отдельный типографский растр. Эти изображения (деленные полосы, см. *разд. 3.11.4*) печатаются на одном листе носителя последовательно. Возможностью такой печати обладают цветные струйные и лазерные принтеры, а также полиграфическое оборудование цветной печати. Современные принтеры предоставляют разрешающую способность от 300 до 600 dpi, наиболее совершенные и дорогие устройства — 1200 dpi и более.

При воспроизведении полноцветного изображения на устройстве вывода с непрерывным тоном типографский растр не нужен.

Точкой печатающего устройства с растровым тоном называется минимальная область носителя изображения, которую это печатающее устройство может заполнить краской или частицами тонера, не выходя за ее пределы и не допуская внутренних просветов. Для оценки качества печати этот показатель не годится, поскольку пиксели монохромных и цветных изображений воспроизводятся не отдельными точками, а их совокупностями, образующими особые структурные единицы — элементы типографского растра.

Элемент типографского растра — участок носителя фиксированных размеров, имеющий квадратную форму, часть площади которого (0–100%) может заполняться полностью запечатанными точками печатающего устройства.

Традиционный типографский растр

Технология традиционного типографского растра была разработана задолго до появления программных и аппаратных средств компьютерной графики — первоначально она базировалась на методах и приемах фотографии. Элемент такого растра представляет собой квадрат, в центре которого расположен залитый краской круг того или иного диаметра. Чем больше диаметр, тем бóльшая часть площади элемента растра закрашена и тем более темным выглядит этот элемент при визуальном восприятии (рис. 3.1.2).

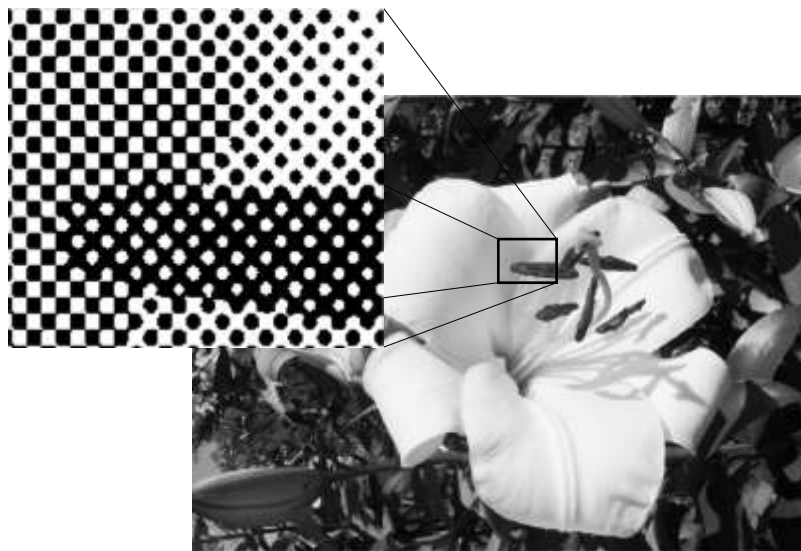


Рис. 3.1.2. Типографский растр

На рис. 3.1.2 видно, что элементы растра располагаются вдоль линий, наклоненных к горизонтали. При печати цветного изображения линии растров, соответствующие базовым цветам субтрактивной модели (бирюзовому, пурпурному, желтому и черному), разворачивают под различными углами, чтобы элементы этих растров не накладывались бы полностью друг на друга, выпадая за счет этого из процесса визуального смыкания.

Главная характеристика традиционного типографского растра — *линиатура* — число линий, образованных элементами растра, на единицу длины носителя. Единица измерения линиатуры — линия на дюйм (lpi, lines per inch). Число линий измеряется по направлению перпендикуляра к этим линиям.

При выводе изображения на печатающем устройстве с растровым тоном элементы растра представляют собой квадраты, составленные из точек печатающего устройства. На рис. 3.1.3 показана взаимосвязь точек печатающего устройства, элементов и линий типографского растра.

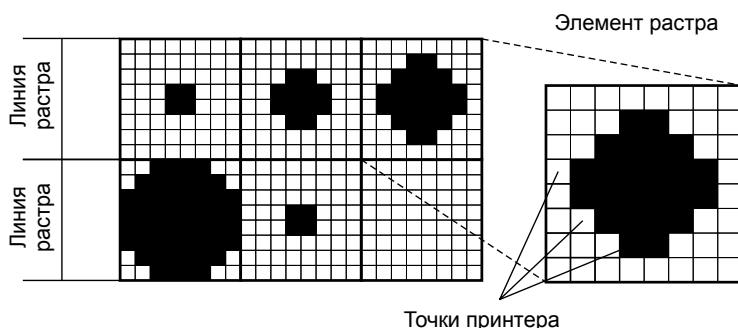


Рис. 3.1.3. Схема построения элементов и линий типографского растра

ПРИМЕЧАНИЕ

При формировании элементов растра из точек печатающего устройства форма круга, расположенного в центре элемента растра, соблюдается лишь приблизительно. Это не имеет практического значения, поскольку важную роль играет не форма пятна краски, а соотношение запечатанной и свободной от краски части элемента растра. Во многих современных печатающих устройствах в центре элемента растра печатаются не круги, а другие геометрические фигуры.

На практике значение линиатуры играет роль разрешения изображения при выводе. Его выбирают из соображений технологического свойства — в расчет принимают свойства бумаги, качество краски и технические возможности аппаратуры. В общем случае, чем выше линиатура, тем более мелкие детали изображения можно воспроизвести. При печати на лазерных принтерах линиатуру выбирают в зависимости от аппаратных возможностей и требуемой тональной разрешающей способности (см. далее).

Офисные лазерные принтеры предоставляют возможность выбора линиатуры средствами программного интерфейса (кроме самых дешевых моделей). Предельные значения линиатур приведены в табл. 3.1.5.

Таблица 3.1.5. Линиатуры офисных принтеров

Разрешающая способность принтера, ppi	Максимальное значение линиатуры, lpi
300	53
600	106
1200	212

При печати на полиграфическом оборудовании выбор линиатуры определяется особенностями полиграфического процесса. Для рыхлой бумаги невысокого качества газет и монохромных изданий применяют значения 75–90 lpi, для журнальной продукции — 133–150 lpi. Высококачественные издания (глянцевые журналы, художественную продукцию) печатают на плотной бумаге с покрытием с линиатурами 160–175 lpi.

На рис. 3.1.4 приведен пример печати с заниженными для наглядности значениями линиатуры.

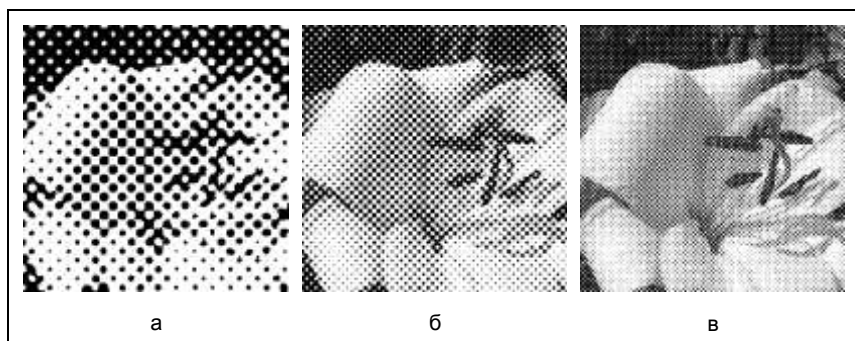


Рис. 3.1.4. Печать с различными значениями линиатуры:
а — 12 lpi; б — 30 lpi; в — 60 lpi

Тональная разрешающая способность типографского растра

Тональной разрешающей способностью типографского растра называется число оттенков базового цвета монохромной модели, которые могут быть воспроизведены за счет различной степени заполнения элементов типограф-

ского растра. Эта характеристика зависит от аппаратной разрешающей способности печатающего устройства и линиатуры растра и вычисляется по формуле

$$R_{\text{тн}} = (R_{\text{пр}}/L)^2 + 1, \quad (3.1.11)$$

где $R_{\text{тн}}$ — тональная разрешающая способность полиграфического растра; $R_{\text{пр}}$ — аппаратная разрешающая способность печатающего устройства (dpi); L — линиатура полиграфического растра (lpi).

ПРИМЕЧАНИЕ

Аппаратная разрешающая способность печатающего устройства (в отличие от тональной, определяемой не для устройства печати, а для сочетания параметров типографского растра) иногда называется пространственной разрешающей способностью.

Результаты расчета значений тональной разрешающей способности для наиболее распространенных случаев приведены в табл. 3.1.6.

Таблица 3.1.6. Значения тональной разрешающей способности типографского растра

Линиатура, lpi	Пространственная разрешающая способность устройства печати, dpi			
	300	600	1200	2400
50	37	145	577	2305
55	31	120	477	1905
60	26	101	401	1601
65	22	86	342	1364
70	19	74	295	1177
75	17	65	257	1025
80	15	57	226	901
85	13	51	200	798
100	10	37	145	577
110	8	31	120	477
120	7	26	101	401
133	6	21	82	327
150	5	17	65	257
175	4	13	48	189
200	3	10	37	145

ПРИМЕЧАНИЕ

Из табл. 3.1.6 видно, что при печати монохромного изображения на офисном принтере с пространственной разрешающей способностью 600 ppi придется довольствоваться либо малой линиатурой 55 lpi (что приведет к утрате мелких деталей и разрушению визуального смыкания), либо малым числом тонов. Этим объясняется невысокое качество подобных отпечатков.

Наиболее пагубно низкая тональная разрешающая способность проявляется на цветовых растяжках (см. разд. 2.4.3) и других плавных переходах тона. В среднем человек визуально воспринимает 120 и более оттенков черного цвета, и при печати с тоновой разрешающей способностью менее 120 на изображениях начнут появляться отчетливо видимые границы переходов от одного тона к другому. Это явление называется *постеризацией*, и в большинстве случаев крайне нежелательно.

Стохастический растр

Большинство струйных принтеров оснащены управляющими процессорами меньшей мощности, чем у лазерных устройств. Из-за этого они не могут воспроизводить типографские растры, описанные в предыдущем подразделе. Имитация тона в таких устройствах осуществляется с помощью стохастического растра, в основе которого лежит псевдослучайное размещение запечатанных точек печатающего устройства. Элемент стохастического растра — квадратный участок носителя, в пределах которого в зависимости от требуемого тона, с большей или меньшей плотностью размещаются пятна краски одинаковых размеров и формы (рис. 3.1.5).

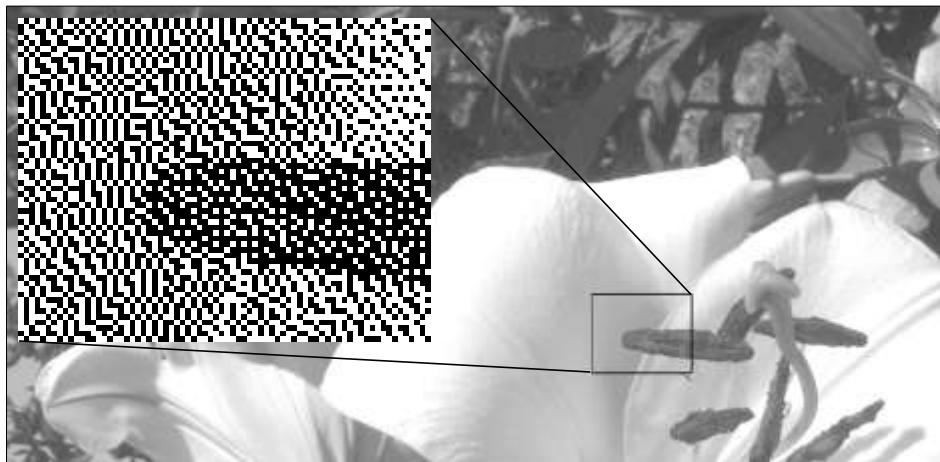


Рис. 3.1.5. Стохастический растр

Форма и размер точки принтера определяются в этом случае величиной капля краски, выстреливаемых из сопла печатающей головки. В современных струйных принтерах разрешающая способность устройства может достигать 9600 dpi по вертикали и 2400 dpi по горизонтали.

При воспроизведении цветных изображений элементы стохастического растра заполняются псевдослучайно распределенными каплями краски базовых цветов субтрактивной модели.

Штриховые изображения

В штриховых изображениях пиксеты могут быть только двух цветов — фонового и переднего плана. Первый соответствует цвету носителя отпечатка, а второй — краске или тонуру печатающего устройства. Изображения такого рода встречаются достаточно часто (рис. 3.1.6).

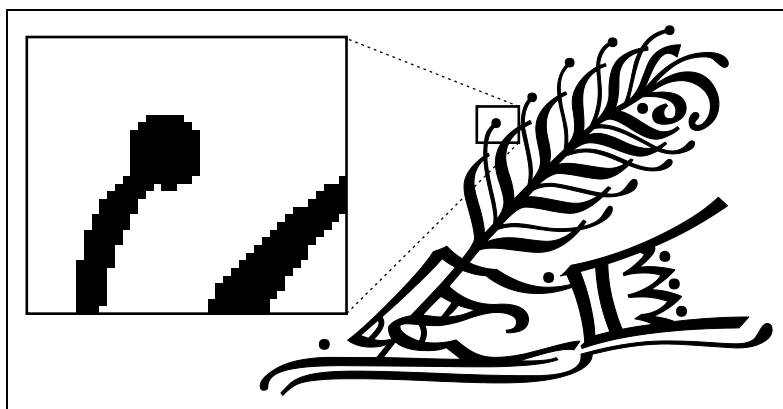


Рис. 3.1.6. Пиксеты штрихового изображения

Печатающие устройства с непрерывным тоном

Технологические особенности печати на термосублимационных принтерах, в которых твердый краситель при переносе на носитель изображения преобразуется в газообразное состояние, минуя фазу жидкости, позволяют воспроизводить 256 оттенков черного цвета и до 16,7 млн хроматических цветов. При этом растры не применяют, поскольку полупрозрачные красители наносятся поверх друг друга, а интенсивность базового цвета регулируется с высокой точностью количеством сублимируемого красителя. В слайд-принтерах и электронных фотолабораториях реализованы принципиально другие процессы, но и в них пиксеты заданного цвета воспроизводятся без типографского раstra (рис. 3.1.7).



Рис. 3.1.7. Печать на устройстве с непрерывным тоном

Расчет оптимального разрешения

При печати на устройствах, воспроизводящих традиционный типографский растр, элементы этого растра расположены вдоль линий, непараллельных горизонтали. Из-за этого элементы растра невозможно сопоставить пикселям выводимого изображения при любых значениях разрешения вывода. Преобразование пикселей изображения в элементы типографского растра осуществляется с помощью программ компьютерной графики или непосредственно процессором печатающего устройства.

ПРИМЕЧАНИЕ

В литературе эта процедура обозначается термином "растрирование", а специальные программы для ее выполнения — процессорами растрирования. В настоящем учебнике термин "растрирование" в этом смысле употребляться не будет во избежание терминологической путаницы.

На практике при выводе на устройства с растровым тоном разрешение выбирают на основе эмпирического правила: до преобразования в элементы полиграфического растра разрешение изображения должно быть больше значения линиатуры в полтора-два раза. Коэффициент 1,41 дает максимальную резкость отпечатка, значение коэффициента 2,0 несколько смягчает изображение.

Следовательно, для печати на полиграфическом оборудовании с линиатурой 175 lpi пиксельное изображение должно иметь значение разрешения от 247 до 350 ppi.

С учетом сказанного формулы (3.1.7) и (3.1.8), по которым рассчитывается необходимое число пикселей изображения, принимают вид

$$N_{\text{гор}} = L_{\text{выб}} \times L \times k; \quad (3.1.12)$$

$$N_{\text{вер}} = H_{\text{выб}} \times L \times k, \quad (3.1.13)$$

где $L_{\text{выв}}$, $H_{\text{выв}}$ — размеры пиксельного изображения по горизонтали и вертикали после вывода; $N_{\text{гор}}$, $N_{\text{вер}}$ — число пикселей в строке и столбце раstra пиксельного изображения соответственно; L — линиятура типографского раstra при выводе на принтер или иное устройство вывода; k — коэффициент перехода от элементов типографского раstra к пикселям изображения.

Например, если требуется вывести на печать офсетным способом изображение со слайда размером 24×35 мм и получить отпечаток размером 96×140 мм при линиятуре 150 lpi, расчет разрешения при выводе и сканировании выполняют следующим образом. Вначале определяют размеры отпечатка и оригинала в дюймах, разделив размеры в миллиметрах на 25,4 — 3,78×5,51 дюйма и 0,94×1,38 дюйма соответственно. По формулам (3.1.12) и (3.1.13) рассчитывают размеры изображения в пикселях: по горизонтали 3,78×150×1,41 = 800 пикселей и по вертикали 5,51×150×1,41 = 1165 пикселей. Наконец, по формуле (3.1.9) определяют разрешающую способность при сканировании: 800:0,94 = 851 spi.

При печати без изменения размеров сканируемого оригинала на устройствах, воспроизводящих стохастический растр, большинство производителей рекомендуют задавать разрешающую способность при сканировании равной одной трети аппаратной разрешающей способности печатающего устройства.

Следовательно, для вывода изображения размером 150×210 мм на принтер с разрешающей способностью 1200 dpi при сканировании оригинала того же размера следует установить разрешающую способность при сканировании равной 400 spi, что приведет к построению изображения 2362×3307 пикселей, и задать при выводе на печать то же значение разрешения (400 ppi).

Чтобы получить наилучшее качество при печати штрихового изображения, размеры пикселя и точки принтера должны быть равны. Для этого значение разрешающей способности при сканировании должно быть численно равно разрешающей способности печатающего устройства. При необходимости увеличить или уменьшить отпечаток относительно оригинала значение разрешающей способности следует домножить на коэффициент масштабирования.

Например, для вывода на лазерный принтер с разрешающей способностью 600 dpi отпечатка размером 200×300 мм с оригинала размером 100×150 мм сканировать следует с разрешающей способностью 1200 spi, а при выводе задать разрешение 600 ppi.

Оптимальные значения разрешения при выводе на устройства непрерывного тона указываются их производителем в руководствах по эксплуатации. Поскольку при выводе на такие устройства не применяются растры, оптимальный размер пикселя и, следовательно, разрешения вывода выбирают с учетом

сохранения условий визуального смыкания (см. разд. 3.1.1). При печати изображений на термосублимационных принтерах и в фотолабораториях обычно рекомендуют разрешение 300 dpi.

При подготовке изображений для вывода на слайд-принтеры расчет разрешения обычно не требуется, поскольку нет возможности изменения размеров отпечатка — он всегда одинаков. Для таких принтеров изображение подготавливают по заданным производителем размерам в пикселах (обычно 2048×1366 или 6144×4096 пикселей).

3.1.5. Изменение размеров растра

Необходимость изменять размеры растра изображения в пикселах, как правило, возникает при масштабировании изображения и выводе на устройство с фиксированным разрешением (например, на экран монитора или проектора). Не обойтись без него и при подготовке коллажа из изображений, не согласующихся друг с другом по размеру пикселей. В любом случае такое изменение достигается преобразованием растра — повторным растриванием.

Повторное растривание — преобразование пиксельного изображения, при котором меняется число пикселей в строках и/или столбцах растра этого изображения. Подобное преобразование может выполняться как программно (программами компьютерной графики), так и аппаратно (например, процессором принтера при выводе на печать с масштабированием изображения для приведения его размеров к размеру листа носителя отпечатка).

Увеличение числа пикселей изображения

При увеличении числа пикселей в растре задача повторного растривания сводится к определению цвета вновь создаваемых пикселей по ранее имевшимся. Основная проблема — определение цвета "новых" пикселей, границы которых пересекают границы "старых" — решается с помощью интерполяции цвета.

Интерполяцией цвета называется правило определения значения параметров цветовой модели вновь создаваемого пикселя по параметрам ранее имевшихся пикселей, которые новый пиксел перекрывает при повторном растривании. В современных пиксельных редакторах чаще всего применяются три алгоритма интерполяции цвета:

- ❑ По ближайшему пикселу — определяют, к центру какого пикселя исходного растра ближе всего центр пикселя нового растра, после чего копируют данные из дескриптора этого пикселя в дескриптор нового. В случае

коллизии, при которой от центра нового пиксела равноудалены центры нескольких старых, выбирается один из них, всегда по одной схеме — например, соседний справа и снизу.

- ❑ По формуле линейной интерполяции — параметры цвета пиксела нового растра определяют с учетом всех перекрываемых им пикселей старого растра. Вклад цвета каждого из перекрываемых пикселей пропорционален их площади пересечения.
- ❑ По формуле кубической интерполяции — учитывают цвета не только перекрываемых, но и соседних с ними пикселей старого растра, что позволяет сгладить резкие переходы цвета.

На рис. 3.1.8 показаны результаты увеличения размеров пиксельного монохромного изображения.

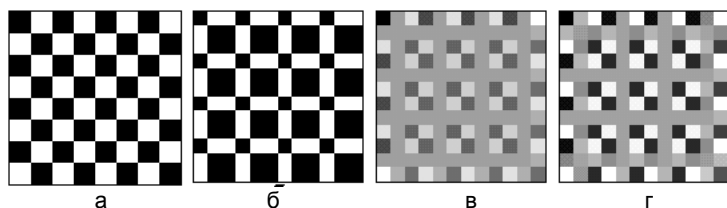


Рис. 3.1.8. Интерполяция при увеличении размеров растра

Исходное изображение размером 8×8 пикселей представлено на рис. 3.1.8, а. При повторном растривании это изображение было преобразовано к размеру 12×12 пикселей. Результат интерполяции по ближайшему пикселу представлен на рис. 3.1.8, б. Повторное растривание изменило структуру изображения, хотя все пиксели нового растра получили только цвета, которые присутствовали в пикселах старого растра. По краям изображения видно нарушение его регулярности.

Результат интерполяции по линейной формуле приведен на рис. 3.1.8, в. Кроме краевых искажений появились одноцветные полосы промежуточного цвета — визуальный шум. *Визуальным шумом* или *визуальными артефактами* называются графические элементы, отсутствовавшие в исходном изображении, но появившиеся на нем в результате выполнения операции обработки.

На рис. 3.1.8, г представлен результат повторного растривания с интерполяцией по кубической формуле. В этом варианте также присутствует визуальный шум, хотя и менее значительный.

Важный частный случай повторного растривания связан с таким соотношением размеров пикселей старого и нового растров, при котором число пикселей нового растра кратно числу пикселей исходного. При этом ни один из пикселей нового растра не пересекает границ пикселей старого, и цвет передается в новые пиксели без изменений. Ни искажений цвета, ни визуального шума при этом не возникает.

Уменьшение числа пикселей в изображении

Повторное растривание изображения с уменьшением числа пикселей в растре влечет за собой аналогичные проблемы, возникающие при определении цветов пикселей нового растра. При этом интерполяцией приходится пользоваться не выборочно, а для расчета параметров цвета всех пикселей. На рис. 3.1.9 приведены исходное монохромное изображение с растром 40×40 пикселей и результат его уменьшения до размера 25×25 пикселей.

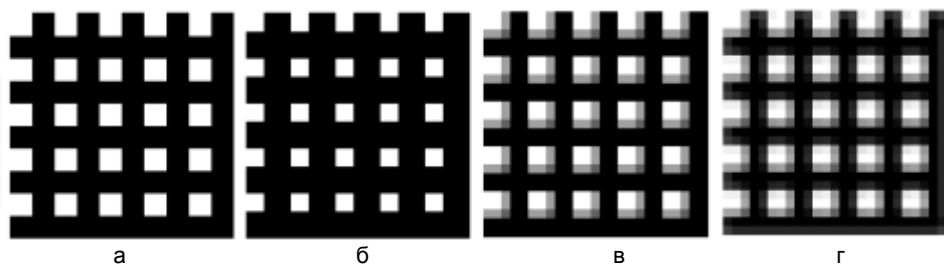


Рис. 3.1.9. Интерполяция при уменьшении размеров растра

Интерполяция исходного изображения (рис. 3.1.9, а) по методу ближайшего пикселя приводит к искажению соотношения размеров отдельных частей растра. Отсутствовавшие в старом растре цвета, конечно, не возникают. При интерполяции по линейной и кубической формулам (рис. 3.1.9, а и б соответственно) возникают оба типа искажений. Визуальный шум в виде полос и точек не возникает, но могут утрачиваться мелкие детали изображения.

Рекомендации по изменению размеров изображения

В заключение сделаем следующие выводы:

- ❑ Снижение качества изображения при повторном растривании неизбежно, визуальная информация частично утрачивается, частично искажается.

- ❑ В ситуациях, когда без повторного растрирования не обойтись, следует стараться выдержать кратное соотношение числа пикселей в размерах старого и нового растров.
- ❑ Границы допустимости повторного растрирования при увеличении числа пикселей в растре определяют из соображений сохранения визуального смыкания пикселей.
- ❑ Границы допустимости повторного растрирования при уменьшении числа пикселей в растре определяют из соображений сохранения необходимой детализации изображения.

При работе с пиксельными изображениями повторное растрирование желательно полностью исключить. Для этого следует по методикам, изложенным в этой главе, заранее рассчитать необходимые размеры растров изображений и создавать или сканировать их с соответствующими параметрами.

Список новых терминов

- ❑ Смыкание визуальное
- ❑ Разрешение
- ❑ Разрешающая способность
- ❑ Оптическая разрешающая способность
- ❑ Отсчет
- ❑ Растр типографский
- ❑ Элемент типографского растра
- ❑ Линиатура
- ❑ Тональная разрешающая способность растра
- ❑ Постеризация
- ❑ Растр стохастический
- ❑ Растрирование повторное
- ❑ Интерполяция цвета
- ❑ Шум визуальный
- ❑ Артефакты визуальные

Контрольные вопросы

1. Для чего необходимо рассчитывать значения параметров раstra информационной модели пиксельного изображения?
2. В чем выражается и по каким причинам возникает явление визуального смыкания?
3. Что представляет собой предел визуального смыкания?
4. Как можно рассчитать максимальный размер пикселей изображения, предназначенного для рассматривания с определенного расстояния?
5. Почему пиксели экранного изображения могут быть больше пикселей изображения на носителе, рассматриваемом с такого же расстояния?
6. Как связаны типографские растры и явление визуального смыкания?
7. Чем пиксел информационной модели отличается от пиксела напечатанного по этой модели изображения?
8. Что представляет собой разрешение и в каких единицах оно измеряется?
9. С какого расстояния следует человеку с нормальной остротой зрения рассматривать изображение, напечатанное с разрешением 100 ppi, чтобы не нарушались условия визуального смыкания?
10. Как разрешающая способность устройства ввода связана с отсчетами?
11. Почему при съемке цифровой камерой разрешающая способность устройства не определяется?
12. Чем оптическая разрешающая способность сканера отличается от разрешающей способности сканирования?
13. Почему разрешающую способность планшетного сканера по одной координате изменять можно, а по другой координате — нельзя?
14. Как по размерам сканируемого изображения и разрешающей способности сканирования можно определить размер раstra информационной модели строящегося пиксельного изображения?
15. Что понимается под оптимальностью вывода изображения?
16. Как можно определить оптимальное значение разрешения при сканировании по заданным размерам отпечатка и разрешению вывода?
17. Чем разрешающая способность устройства вывода отличается от разрешения вывода?
18. Почему для различных типов устройств вывода используются разные единицы измерения разрешающей способности?

19. Чем точка принтера отличается от пиксела отпечатка?
20. К чему приводит вывод изображения на печать с завышенным разрешением?
21. К чему приводит вывод изображения на печать с заниженным разрешением?
22. Почему для различных устройств вывода значение разрешения выбирается по-разному?
23. Как следует подготавливать изображения к выводу на экран?
24. Какой из кругов будет на экране больше: диаметром 100 пикселей с разрешением вывода 200 ppi или диаметром 100 пикселей с разрешением 92 ppi?
25. Назовите причины, по которым заранее нельзя определить оптимальные условия вывода на экран изображений в онлайн-приложениях?
26. Что представляет собой типографский растр?
27. Чем различаются устройства вывода с непрерывным и с растровым тоном?
28. Какова роль точек устройства печати в формировании элемента растра?
29. Каковы основные характеристики типографского растра?
30. Почему форма запечатанной части элементов растра не имеет принципиального значения?
31. Чем линиатура растра отличается от разрешения?
32. Чем ограничивается предельное значение линиатуры растра?
33. Что характеризует тональная разрешающая способность типографского растра?
34. Как определить количество тонов растра по линиатуре и разрешающей способности печатающего устройства?
35. Почему монохромные изображения, отпечатанные на офисном лазерном принтере, не могут быть высококачественными?
36. Что представляет собой явление постеризации при выводе на печать и из-за чего оно может возникать?
37. Как устроен элемент стохастического растра?
38. Как определяют оптимальное разрешение при выводе штриховых изображений?
39. Как определяют оптимальное разрешение при выводе на устройства непрерывного тона?

40. Как определяют оптимальное разрешение при выводе на устройства растрового тона, использующие традиционный типографский растр?
41. Как определяют оптимальное разрешение при выводе на устройства растрового тона, использующие стохастический растр?
42. Как подготавливают изображения для вывода на слайд-принтеры?
43. В каких случаях необходимо изменение размеров изображения в пикселах?
44. Что происходит при выполнении процедуры повторного растрирования?
45. Чем отличаются друг от друга варианты интерполяции цвета?
46. Почему при повторном растрировании возникает визуальный шум?
47. Почему повторное растрирование всегда ведет к снижению качества изображения?
48. В каких пределах допустимо выполнять повторное растрирование?
49. Каких рекомендаций следует придерживаться при повторном растрировании?
50. Как можно исключить повторное растрирование при работе над графическими проектами?

Темы для обсуждения

1. Устройство и принципы работы сканеров различных типов.
2. Устройство и принципы работы печатающих устройств различных типов.

3.2. Источники пиксельных изображений

Графические проекты, которые начинаются с пустого документа, сравнительно редки. Значительно чаще приходится иметь дело с готовыми пиксельными изображениями, которые, например, заказчик передал в качестве приложения к заказу. Рассмотренные в предыдущей главе устройства ввода позволяют автоматически строить пиксельные изображения и сохранять их в виде графических документов. В этой главе рассматриваются процедура создания нового графического документа и ее управляющие параметры, а также наиболее распространенные источники готовых пиксельных изображений.

3.2.1. Создание и сохранение документа с пиксельным изображением

Пиксельные изображения создаются средствами программ компьютерной графики с помощью средств интерфейса пользователя. При работе с графическими редакторами пиксельное изображение формируется при создании нового документа этого редактора.

ПРИМЕЧАНИЕ

Как будет показано в *главе 3.3*, кроме собственно растра пиксельного изображения такие документы содержат в себе много дополнительных элементов информационной модели.

При создании нового графического документа пользователю необходимо задать значения его основных параметров:

- ☐ имя графического документа;
- ☐ цветовую модель, в соответствии с которой будет сохраняться информация о цвете отдельных пикселей;
- ☐ размеры изображения в пикселях или единицах длины;
- ☐ разрешение при выводе в пикселях на единицу длины;
- ☐ исходное состояние пикселей растра.

Имя графического документа используется файловой системой для хранения и поиска графического документа в формате графического файла. Современные операционные системы практически не накладывают ограничений на способ формирования имени файла, но это не относится ко многим программам, которые могут работать с этими файлами.

Цветовую модель (см. главу 1.3) выбирают из списка альтернатив, предоставляемых графической программой.

Исходное состояние пикселей раstra изображения выбирают из трех вариантов:

- ☐ цвет фона, заданный по умолчанию;
- ☐ цвет переднего плана, заданный по умолчанию;
- ☐ прозрачный (см. разд. 3.4.3).

Габаритные размеры изображения при его выводе на печать, разрешение вывода и число пикселей в растре изображения связаны между собой (см. разд. 3.1.2). Из-за этого при создании нового документа обычно задают значения только двух элементов информационной модели:

- ☐ размеры отпечатка изображения и разрешение вывода;
- ☐ размеры отпечатка изображения и габаритные размеры раstra в пикселях;
- ☐ габаритные размеры раstra в пикселях и разрешение вывода.

После создания и редактирования графического документа он записывается как файл на одном из устройств долговременного хранения данных. При первичном выполнении этой операции выбирается формат хранения графического документа в файле и управляющие параметры формата. Подавляющее большинство современных программ компьютерной графики позволяют сохранять свои графические документы в файлах различных форматов (см. главу 3.3).

3.2.2. Коллекции изображений

Коллекцией изображений или *клипартом* называется совместно хранящаяся подборка заранее подготовленных изображений, предназначенных для дальнейшего использования в графических проектах. Такие коллекции, составленные по тематическому принципу, представляют собой важный ресурс графического проектирования. Они содержат в себе огромное число фрагментов художественных произведений и фотографий различных объектов в форматах пиксельного изображения. В настоящее время такие коллекции составляют многие фирмы и отдельные разработчики и распространяют на дисковых носителях (CD, DVD), а также с помощью онлайн-информационных ресурсов (Web-сайты).

Часто коллекция представляет собой просто совокупность отсканированных или полученных с помощью цифровой камеры фотографий, объединенных общей темой. В некоторых случаях такие коллекции поставляются в двух-трех вариантах с различным разрешением изображения. Число изображений в коллекциях может быть огромным, и они не всегда хорошо организованы и удобны для поиска нужного изображения для конкретного графического проекта. Подавляющее большинство подобных коллекций создано с нарушением авторских прав авторов изображений — художников и фотографов. Кроме того, в них далеко не всегда бывают представлены фотографии достаточного для графического проектирования разрешения.

Для практической работы гораздо удобнее профессионально подобранные коллекции изображений в формате Kodak Photo CD. Этот формат был первоначально разработан фирмой Kodak в качестве альтернативы традиционной фотопечати с негативных фотопленок на серебросодержащей фотобумаге. Каждый кадр проявленной и просушенной фотопленки сканировался специальным слайд-сканером, и полученное таким образом пиксельное изображение записывалось на компакт-диск, который с помощью специальной приставки к телевизору или видеопроигрывателя мог воспроизводиться на экране телевизора в виде слайд-фильма. Идея не получила широкого распространения, хотя до сих пор большинство фотолабораторий по всему миру предоставляют фотографам эту услугу.

В дальнейшем формат Kodak Photo CD был доработан. Сегодня коллекции, распространяемые в этом формате, традиционно состоят из 100 изображений. Каждое из них представлено с несколькими размерами раstra — от миниатюрного Wallet (192×128 пикселей) до огромных Poster (3072×2048) и Billboard (6144×4096). На рис. 3.2.1 показано диалоговое окно открытия файла в формате PCD для дальнейшей обработки.

Взятые из профессиональных коллекций файлы можно использовать в любом графическом проекте, не опасаясь возможного нарушения авторских прав. Найти сайты, на которых продаются такие коллекции или приведены их списки, не составляет труда.

Следует иметь в виду, что взятые из коллекций изображения могут потребовать предварительной обработки — кадрирования и цветокоррекции.

Большое распространение получили виртуальные коллекции изображений, представляющие собой интернет-магазины, в качестве товара в которых продаются защищенные авторскими правами работы художников и фотографов в форматах пиксельного изображения. На таких сайтах имеются удобные механизмы поиска по ключевым словам и тематические рубрикаторы.

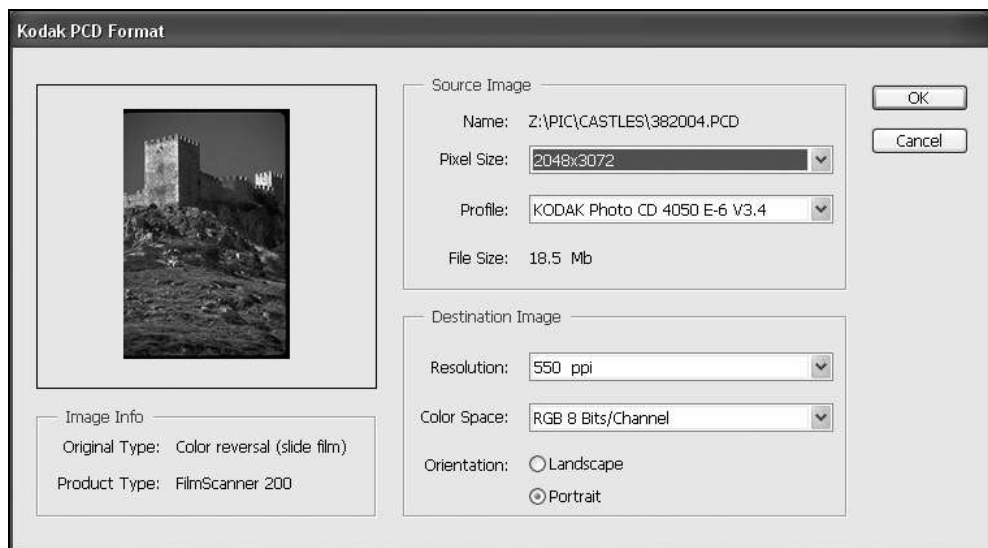


Рис. 3.2.1. Диалоговое окно импорта пиксельного изображения в формате PCD

При покупке премиум-версий многих графических программ в комплект поставки часто включают несколько коллекций изображений.

3.2.3. Сканирование

Важнейший источник пиксельных изображений — процедура сканирования. *Сканер* представляет собой устройство, автоматически преобразующее изображение на плоском прозрачном или полупрозрачном носителе в формат пиксельного изображения. Сканер анализирует свет, отраженный от носителя изображения или прошедший сквозь него, и, таким образом, несущий в себе информацию о цвете носителя. Источник света в сканере — специальная лампа с холодным катодом или лазер, дающие очень яркий свет.

Типы сканеров

Анализ цвета носителя изображения выполняется в пределах ограниченной области, которая называется *отсчетом* или точкой сканирования. Задача определения оптимального размера отсчета или обратной этому значению величины — разрешения при сканировании рассматривались в разд. 3.1.3. Теперь рассмотрим принцип работы сканера и содержание рабочих процедур, связанных со сканированием оригиналов изображений.

В практике компьютерной графики чаще других используют сканеры двух типов — планшетные и барабанные. *Планшетным* называется сканер, в котором оригинал изображения перед началом сканирования располагается на специальном предметном стекле — планшете. В *барабанных* сканерах оригинал изображения закрепляется на поверхности цилиндрического барабана, который вращается в процессе сканирования. Прочие типы сканеров (листопротяжные, текстовые в виде пера, ручные) не позволяют добиться достаточной для графического проектирования точности сканирования.

В устройствах планшетного типа (рис. 3.2.2) оригинал изображения неподвижно лежит на предметном стекле, под которым перемещаются источник освещения и подвижное зеркало. Источник формирует плоский световой поток, направленный на оригинал изображения. Свет сначала отражается от оригинала, а затем последовательно от подвижного и неподвижного зеркал. Последнее направляет его на конденсорную линзу, компенсирующую частичное расфокусирование при отражении от оригинала. После конденсорной линзы свет попадает на линейку светочувствительных датчиков. Пошаговое смещение механически связанных осветителя и подвижного зеркала позволяет переходить в процессе сканирования от одной строки отсчетов к другой.

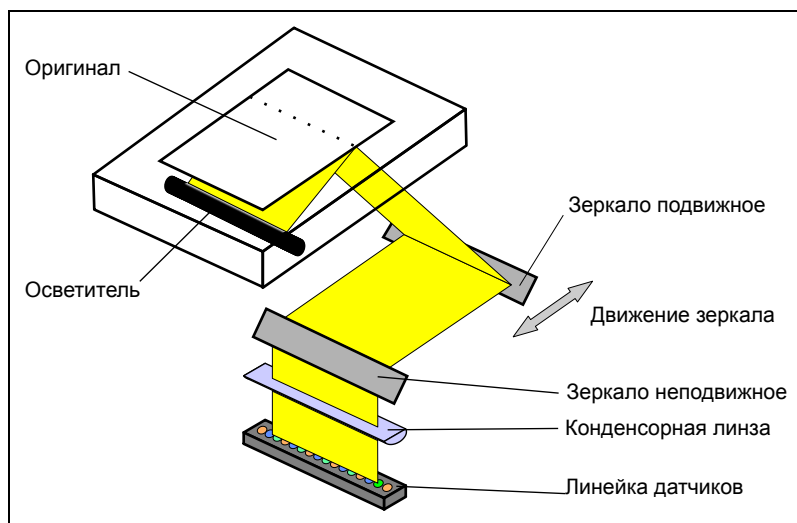


Рис. 3.2.2. Схема работы планшетного сканера

Число отсчетов в одной строке и аппаратная разрешающая способность устройства в горизонтальном направлении определяются числом светочувствительных датчиков, расположенных на линейке сканера. В современных ска-

нерах планшетного типа эта величина составляет до 1200 spi. Разрешающая способность в вертикальном направлении зависит от точности позиционирования осветителя и подвижного зеркала относительно оригинала изображения и часто бывает выше разрешающей способности по горизонтали (до 2400 spi).

В сканерах барабанного типа датчиками служат *фотоэлектронные умножители* — специальные вакуумные приборы, способные воспринимать очень слабое световое излучение и усиливать его. Такие датчики имеют большие размеры, они позволяют фокусировать падающие на них световые потоки до очень малой площади. Поэтому размер отсчета при сканировании может быть намного меньше, чем в сканерах планшетного типа. Разрешение современных барабанных сканеров достигает десятков тысяч spi. На рис. 3.2.3 приведена схема барабанного сканера.

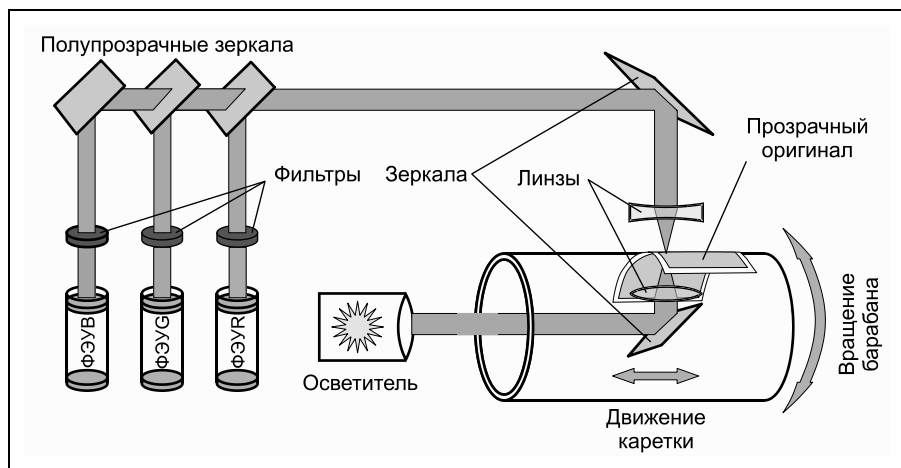


Рис. 3.2.3. Схема барабанного сканера для сканирования прозрачных оригиналов

В барабанных устройствах в качестве осветителей часто применяют лазеры (отчего иногда такие устройства называются лазерными сканерами). Свет от лазера, отражаясь от подвижного зеркала каретки, проходит через фокусирующую оптическую систему, с помощью которой на прозрачном оригинале формируется световое пятно малого диаметра, соответствующее области отсчета. Проходя сквозь прозрачный оригинал, свет изменяет свой спектральный состав и далее несет в себе информацию о цвете изображения в области отсчета. Отражаясь от второго подвижного зеркала, закрепленного на каретке, свет попадает на систему полупрозрачных зеркал, разделяющую его на

три световых потока, каждый из которых проходит через светофильтр, выделяющий в нем только один спектральный поддиапазон, соответствующий базовому цвету цветовой модели RGB (см. разд. 1.3.5). После светофильтров разделенные потоки света попадают на фотоэлектронные умножители, вырабатывающие значения параметров цветовой модели для данного отсчета.

Переход от отсчета к отсчету осуществляется за счет вращения барабана с оригиналом и синхронного смещения каретки так, что отсчеты располагаются по спирали, покрывающей собой всю боковую поверхность барабана.

В компьютерной графике планшетные сканеры применяют для построения изображений, к качеству которых (четкости, разрешению, точности анализа цвета) не предъявляется высоких требований. Они вполне пригодны для применения в графических проектах для экранных приложений, презентации мультимедиа, газетных и журнальных публикаций, массовой рекламе, недорогих книжных изданий. Для формирования изображений, предназначенных для полиграфических изданий высокого качества и эксклюзивных рекламных материалов, более целесообразны барабанные сканеры.

Искажения при сканировании

Из-за того, что разрешающая способность при сканировании может задаваться с точностью до 1 spi, в планшетном сканере в общем случае невозможно обеспечить соответствие аппаратного отсчета пикселу строящегося изображения. Следовательно, при построении растра изображения придется прибегать к операции повторного растривания (см. разд. 3.1.7). При этом, как уже отмечалось, неизбежны искажение и утрата графической информации. Сканирование с разрешающей способностью ниже аппаратной эквивалентно повторному растриванию с уменьшением числа пикселов в растре, из-за чего возможна утрата мелких деталей и снижение резкости кромок в построенном изображении (рис. 3.2.4).

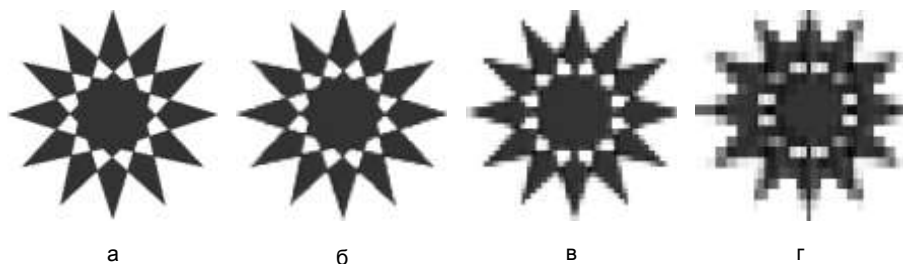


Рис. 3.2.4. Влияние разрешения при сканировании на его результат:

а — разрешение 150 spi; б — разрешение 75 spi;

в — разрешение 36 spi; г — разрешение 18 spi

При увеличении разрешающей способности выше аппаратной значения цвета отдельных пикселей раstra строящегося изображения будут определяться расчетным путем по нескольким соседним отсчетам. При этом кроме снижения резкости кромок возможно появление отсутствующих в оригинальном изображении цветов и артефактов. Это особенно заметно на имеющихся в составе изображения мелких деталях.

Следовательно, к сканированию с разрешающей способностью, отличной от аппаратной разрешающей способности планшетного сканера, применимы те же рекомендации, что к повторному растриванию (*см. разд. 3.1.7*).

Процедура сканирования

Практически всегда собственно сканирование выполняется не средствами графической программы для работы с пиксельными изображениями, а специализированным программным обеспечением, разработанным производителем сканера, которое взаимодействует с графическим редактором по протоколу, описанному в стандарте TWAIN. Благодаря этому можно пользоваться одними и теми же программными средствами при сканировании из любой программы компьютерной графики. Это позволяет также подключать к одной графической станции несколько различных по своим характеристикам сканеров без перенастройки графических программ.

Несмотря на то, что интерфейс обмена данными программы сканирования и графической программы стандартный, пользовательский интерфейс сканера (диалоговые окна, меню и панели команд) полностью определяется изготовителем устройства. Поэтому пользовательские интерфейсы разных моделей сканеров различаются очень сильно. На рис. 3.2.5 приведен пример интерфейса одного из сканеров фирмы Epson.

При сканировании с помощью планшетного сканера, подключенного к графической программе по стандарту TWAIN, выполняются следующие основные операции:

- ☐ Выбор источника TWAIN.
- ☐ Размещение оригинала на стекле сканера.
- ☐ Предварительное сканирование (построение рабочего изображения для определения области сканирования, отображаемого программой сканирования в окне предварительного просмотра).
- ☐ Задание области просмотра интерактивным инструментом или параметрически с визуальным контролем по области предварительного просмотра.
- ☐ Выбор цветовой модели и глубины цвета.

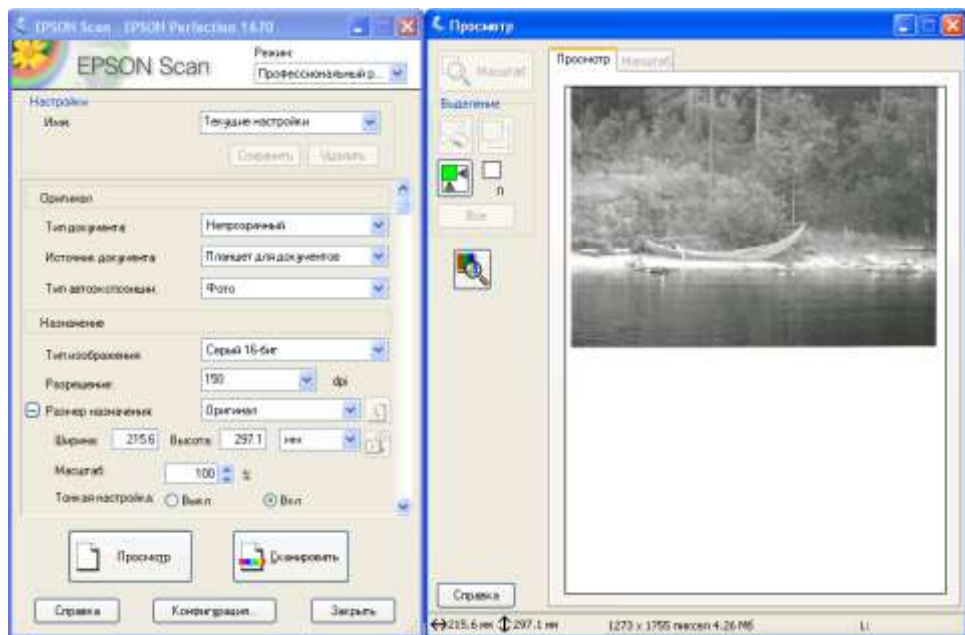


Рис. 3.2.5. Диалоговые окна управления и предварительного просмотра программного обеспечения сканирования

- ❑ Установка расчетной разрешающей способности при сканировании (см. разд. 3.1.4).
- ❑ Собственно сканирование с построением раstra пиксельного изображения и передача его в графическую программу для создания нового графического документа.

Во многих программах сканирования, поставляемых производителями сканеров, имеются дополнительные функции обработки изображения:

- ❑ устранение муара, возникающего при сканировании оригиналов, изготовленных методом офсетной печати или отпечатков с устройств, реализующих традиционный типографский растр (см. разд. 3.10.2);
- ❑ тоновая коррекция по градационным кривым и уровням (см. разд. 3.6.2 и 3.6.3);
- ❑ применение фильтров пиксельного изображения в процессе сканирования (см. разд. 3.9.1);
- ❑ цветовая коррекция (см. разд. 3.7.1).

Тоновую коррекцию и устранение муара целесообразно осуществлять именно на этапе сканирования, поскольку это минимизирует утрату визуальной

информации, неизбежную при выполнении этих операций средствами программ пиксельной графики. Фильтры удобнее применять к уже построенному изображению — это обеспечивает большую гибкость работы над графическим проектом. Возможности цветовой коррекции при сканировании будут рассмотрены в главе 3.7.

3.2.4. Цифровая фотография

Цифровые фотокамеры можно условно считать разновидностью сканеров, формирующих изображение по реальным объектам, а не по другим изображениям. Технически они различаются в следующих основных аспектах:

- ❑ В сканерах оригинал освещает встроенный источник света, фотографируют чаще всего при естественном освещении.
- ❑ При сканировании глубина воспроизводимого на изображении пространства составляет не более нескольких сантиметров, при фотографировании она может достигать до нескольких километров.
- ❑ При сканировании пиксельное изображение формируется последовательно — в планшетных сканерах построчно, в барабанных по одному пикселу, в фотокамерах — параллельно, одновременно во всех пикселах раstra.

Современные методы микроэлектроники позволяют разместить на площади менее кадра 35-миллиметровой фотопленки более десяти миллионов светочувствительных датчиков. Такая их совокупность, оборудованная средствами считывания визуальной информации, называется *сенсором*. Схема формирования изображения в цифровой фотокамере представлена на рис. 3.2.6.

Сформированные сенсором изображения записываются в портативное энергонезависимое запоминающее устройство — карту памяти. При этом используются стандартные форматы графических файлов (JPEG, TIFF) или не прошедший до настоящего времени процедуры стандартизации формат представления графической информации RAW. Карты памяти, изъятые из фотокамеры и вставленные в устройства считывания, рассматриваются операционной системой компьютера как съемные накопители, что позволяет легко переносить графические файлы, сохраняющие фотографии, на стационарный накопитель компьютера и работать с ними как с другими графическими документами.

ПРИМЕЧАНИЕ

В компьютерах предыдущих лет выпуска считывание данных с карт памяти может осуществляться с помощью недорогих портативных устройств — кард-ридеров, подключаемых к шине USB.

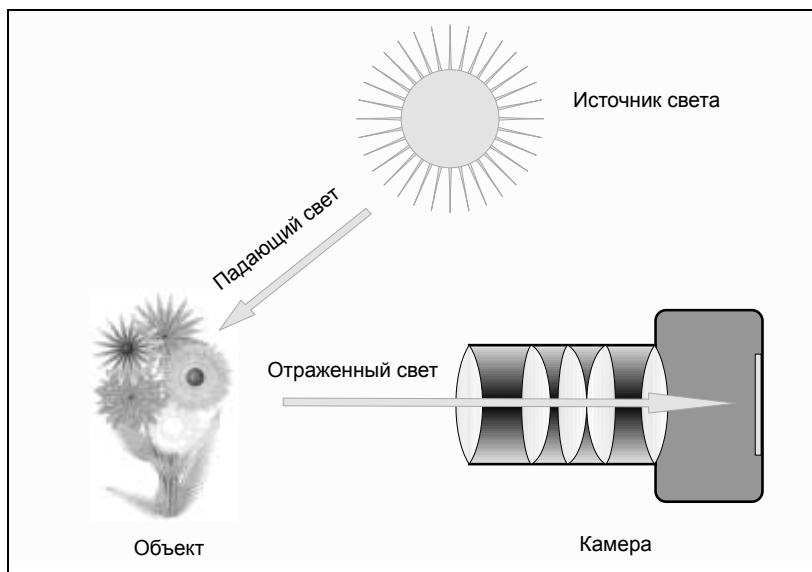


Рис. 3.2.6. Схема образования изображения в цифровой камере

Передача данных из камеры непосредственно в компьютер по соединяющему их кабелю применяется сравнительно редко, в основном — при студийной съемке фотокамерами или цифровыми "задниками", формирующими графические файлы очень больших размеров.

Следует отметить, что стремительное совершенствование цифровых фотокамер, а также быстрое снижение их стоимости — важный фактор развития методов компьютерной графики, поскольку они естественным образом включаются в технологический цикл не только профессиональной, но и любительской фотографии.

3.2.5. Трехмерное моделирование

Трехмерное моделирование сравнительно недавно выделилось из компьютерной графики в самостоятельную прикладную дисциплину. В современных программных системах трехмерного моделирования и анимации имеются режимы рендеринга, при которых формируются пиксельные и квазивекторные изображения, которые можно сохранить в стандартных форматах графических файлов, а впоследствии открыть с помощью графического редактора и редактировать приемами компьютерной графики.

Наиболее перспективным направлением графического проектирования с привлечением систем трехмерного моделирования на начальном этапе представ-

ляется ландшафтное и архитектурное эскизное проектирование. При работе над такими графическими проектами требуется разработка точных реалистических изображений с соблюдением всех законов геометрической перспективы и автоматическим построением теневой картины. В этом случае предварительная подготовка трехмерной модели сцены позволит легко получить несколько изображений ее в любом нужном ракурсе, которые впоследствии можно быстро доработать в графическом редакторе (например, добавить вспомогательные элементы и фигуры — стаффаж).

Существенную помощь может оказать система трехмерного моделирования и в тех случаях, когда необходимо построить перспективно безукоризненные изображения, в которых сложные текстуры должны быть нанесены на пространственные объекты сложной формы. В качестве примера можно привести разработку эскиза интерьера, в котором на закругляющуюся стену необходимо нанести изображения с точным соблюдением перспективы, или проект рекламного места, в котором нужно точно изобразить наклеенные на цилиндрическую тумбу плакаты.

3.2.6. Импорт из программ

Большинство современных программ для работы с пиксельными изображениями могут открывать графические файлы практически всех широко распространенных форматов. Многие из них позволяют открывать и графические файлы с векторными информационными моделями изображений, выполняя при открытии растривание — преобразование векторного изображения в пиксельное.

Во всех операционных системах имеются служебные программы, формирующие графические документы, содержащие в качестве изображения пиксельную информационную модель текущего содержимого экрана монитора. Кроме штатных средств операционной системы для той же цели широко применяются грэбберы. *Грэббером* называется программа, предназначенная для считывания содержимого видеопамати монитора и формирования по нему пиксельного изображения, которое либо помещается в системный буфер обмена, либо сохраняется как графический документ в одном из форматов пиксельной графики.

Грэббер позволяет импортировать в графический редактор изображение, формируемое на экране любой программой (например, компьютерной игрой). Полнофункциональные грэбберы способны формировать графический документ из заранее заданной части экранного изображения, а также захватывать его с заданной частотой. Такой прием очень полезен при разработке графических проектов страниц, предназначенных для публикации в Сети.

Список новых терминов

- ☐ Коллекция изображений
- ☐ Клипарт
- ☐ Kodak Photo CD
- ☐ Сканер планшетный
- ☐ Сканер барабанный
- ☐ Фотоэлектронный умножитель
- ☐ Стандарт TWAIN
- ☐ Сенсор фотокамеры
- ☐ Грэббер

Контрольные вопросы

1. Значения каких параметров задаются при создании нового графического документа?
2. Какие альтернативы существуют для задания начального содержимого вновь создаваемого графического документа?
3. Какими способами могут задаваться размеры отпечатка изображения, разрешение при выводе и размеры раstra изображения в пикселах?
4. Какое действие выполняется однократно при первом сохранении графического документа в виде файла?
5. Как организуются коллекции стандартных изображений?
6. Каковы основные особенности графического формата Kodak Photo CD?
7. Для чего предназначены сканеры?
8. Что используется в сканерах в качестве источников освещения?
9. Каковы основные типы сканеров и чем они отличаются друг от друга?
10. Как формируется пиксельное изображение при сканировании планшетным сканером?
11. Как формируется пиксельное изображение при сканировании барабанным сканером?
12. Почему у барабанного сканера аппаратная разрешающая способность может быть переменной величиной?
13. За счет чего разрешающая способность у барабанного сканера намного выше, чем у планшетного?

14. Каков механизм возникновения искажений при сканировании планшетным сканером?
15. Каких рекомендаций следует придерживаться при выборе разрешающей способности при сканировании планшетным сканером?
16. Для какой цели служит протокол TWAIN?
17. Из каких действий состоит процедура сканирования?
18. Какие дополнительные действия по обработке изображения могут выполняться в процессе сканирования?
19. Чем обусловлено возрастание роли цифровой фотографии в развитии компьютерной графики?
20. В каких графических проектах целесообразно формировать исходное пиксельное изображение с помощью программ трехмерного моделирования?
21. Какие функции выполняют программы-грэбберы?

Темы для обсуждения

1. Устройство и принцип работы пленочных сканеров различных типов.
2. Онлайн-ресурсы пиксельных изображений.
3. Сканирование с увеличенной глубиной цвета.
4. Типы цифровых фотокамер и их применение при графическом проектировании.
5. Специфика работы с форматом RAW.
6. Изобразительные возможности трехмерного моделирования при работе над пиксельным графическим проектом.
7. Работа с программой-грэббером.

3.3. Основные форматы пиксельных графических файлов

В практических приложениях информационная модель пиксельного изображения реализована в виде графических документов, структура которых будет рассмотрена в следующей главе. Эта глава посвящена форматам графических файлов. *Форматом* пиксельного графического файла называется стандарт представления информационной модели пиксельного изображения в виде файла, хранящегося на носителе. В процессе развития компьютерной графики и по мере разработки новых программ число этих стандартов росло. В настоящее время только широко применяемых форматов насчитываются десятки. Далее в этой главе рассмотрены особенности распространенных форматов пиксельных графических документов, а также методы сжатия данных.

3.3.1. Сжатие данных пиксельной информационной модели

Одно из свойств визуальной информации, представленной пиксельной информационной моделью изображения, — ее частичная избыточность. Например, если посередине белого листа бумаги расположен небольшой графический фрагмент, то в растре пиксельной модели большинство дескрипторов пикселей будут содержать одинаковые данные, занимающие большую часть графического файла.

Сжатием, или *компрессией* изображения называется преобразование пиксельной информационной модели в компактную форму путем изъятия из нее избыточной информации. Все алгоритмы сжатия отыскивают в изображении повторы и скрытые закономерности повторения, после чего заменяют дескрипторы пикселей более крупными информационными элементами. Существуют алгоритмы сжатия *без утраты графической информации* (неразрушающие) и *с контролируемой степенью утраты* (разрушающие). Неразрушающие алгоритмы позволяют впоследствии выполнить преобразование, обратное сжатию, и в точности восстановить исходный растр. Разрушающие алгоритмы

сжатия не дают такой возможности, но формируют более компактное представление изображения, иногда в десятки и сотни раз меньше исходного по размерам занимаемой памяти.

Важно помнить, что сжатие изображений как неразрушающими, так и разрушающими алгоритмами преобразует их в формат, с которым программы графического редактирования работать не могут. При открытии файлов со сжатыми изображениями всегда выполняется процедура обратная сжатию, и в памяти компьютера появляется несжатая информационная модель изображения, над которой и выполняются операции редактирования. При повторном сохранении изображения в графическом файле вновь выполняется компрессия.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если в формате графического документа предусмотрено применение алгоритма разрушающего сжатия, каждый новый цикл открытия и последующего сохранения графического документа будет разрушать дополнительные объемы графической информации, ухудшая качество изображения.

Алгоритм RLE

Простейшая (и самая старая) методика сжатия изображения — алгоритм RLE (Run Length Encoding — кодирование с переменной длиной строки). При сжатии по этому алгоритму в каждой строке пикселей исходного растра выявляются непрерывные последовательности одного цвета. Затем каждая такая последовательность замещается дескриптором, который состоит из коэффициента повторения и дескриптора повторяющегося пикселя. Например, если строка исходного растра состоит из 30 пикселей белого цвета, 50 — синего и 20 — зеленого, то в сжатом варианте вместо 100 дескрипторов каждого пикселя строка будет содержать всего три дескриптора непрерывных последовательностей. Конечно, длина каждого из дескрипторов последовательности будет больше, чем у дескриптора отдельного пикселя (в полноцветной модели с глубиной цвета 8 bpp — 32 против 24 битов). Но в сумме получится значительный выигрыш по объему — в 25 раз (96 против 2400 битов).

Алгоритм RLE обеспечивает значительную степень сжатия изображений, созданных при помощи графических редакторов, и низкую (зачастую отрицательную) — при обработке фотографий. Если на фотографии имеется много мелких деталей, то после сжатия алгоритмом RLE графический файл становится не меньше, а больше. Алгоритм RLE неразрушающий, он допускает точное восстановление исходного растра.

Алгоритм LZW

Название алгоритма LZW представляет собой аббревиатуру, составленную из начальных букв фамилий его разработчиков (Lempel — Ziv — Welch). Он эффективнее алгоритма RLE, но сжатие и распаковка данных в нем требуют большего объема вычислений и, соответственно, занимают больше времени. Согласно этому алгоритму в процессе анализа раstra выявляются устойчивые комбинации пикселей, каждая из них образует элемент словаря, и каждому элементу словаря присваивается код — число, занимающее меньше места, чем сама комбинация. Как и RLE, алгоритм LZW эффективнее для изображений с обширными областями однородной заливки. При этом степень сжатия для всех типов изображений у алгоритма LZW выше, чем у RLE. Поэтому в большинстве форматов и графических программ для неразрушающего сжатия применяется именно LZW.

Алгоритм JPEG

Самый популярный алгоритм разрушающего сжатия изображений — JPEG. Его название — аббревиатура наименования организации-разработчика — Joint Photographic Experts Group (объединенная группа экспертов-фотографов). Первоначально он был создан для цифровой фотографии. В настоящее время все цифровые камеры могут выполнять сжатие фотографий по этому алгоритму.

Алгоритм JPEG ищет в растре не одинаковые структурные элементы (как RLE и LZW), а закономерности изменения цвета пикселей. Сжатие выполняется в несколько этапов. Вначале изображение преобразуется к модели цвета Lab (*см. разд. 1.3.8*), затем в зависимости от реализации алгоритма отбрасывается половина или три четверти данных о цвете пикселей. После этого анализируются квадратные группы размером 8×8 пикселей. Для каждой группы строится дескриптор, описывающий группу и особенности изменения цвета внутри нее. Особенности описываются с учетом законов визуального восприятия. Вследствие этого после сжатия крупные детали сохраняются лучше мелких. На следующем этапе устанавливается степень сжатия, а затем в соответствии с этим значением из информационной модели удаляются данные о более или менее мелких деталях.

Чем больше степень сжатия, тем больший объем данных устраняется, тем меньше становится графический файл и тем ниже становится качество изображения. Метод JPEG позволяет при приемлемом для многих целей снижении качества получить файл в 100 раз меньше исходного (на практике — от 5 до 15 раз). Для хранения изображения, сжатого по методу JPEG, предусмотрен специальный формат файла. Последние модификации формата TIFF также позволяют применять этот алгоритм сжатия изображений.

3.3.2. Формат BMP

Формат BMP первоначально создавался как основной графический формат пиксельных изображений операционной системы Windows. Файлы этого формата могут открываться графическими программами, работающими как на PC, так и на Macintosh, поскольку формат независим от платформы. К сожалению, он предусматривает хранение изображений только в индексированной модели цвета и не позволяет выполнять их сжатие. Поэтому формат BMP редко применяется в графическом проектировании и вовсе не встречается в издательской практике.

3.3.3. Формат PCX

Формат PCX — один из самых старых форматов графических файлов, ориентированных на хранение полноцветных изображений. Он традиционно включается в списки форматов, с которыми могут работать программы пиксельной графики. Изображения могут сжиматься по алгоритму RLE. В настоящее время этот формат можно считать устаревшим, он почти полностью вытеснен более совершенными форматами TIFF и PNG.

3.3.4. Формат GIF

Первая версия формата GIF (Graphics Interchange Format) была разработана в 1987 г. сотрудниками компании CompuServe специально для передачи пиксельных графических изображений в глобальных компьютерных сетях. В 1989 г. в формат (GIF89a) были добавлены очень важные возможности. Формат реализует сжатие по методу LZW и чересстрочную передачу графических данных. Это означает, что по сети вначале передаются не все строки раstra, а только 1-я, 5-я, 10-я и т. д., с увеличением размеров пикселей и снижением разрешения. Затем передаются строки 2-я, 6-я, 11-я и т. д. с последующим увеличением разрешения воспроизводимого изображения. Это позволяет увидеть черновую версию изображения в окне Web-обозревателя задолго до того, как оно будет загружено полностью. Пользователь может составить представление об изображении и решить, стоит ли ждать окончания загрузки.

Формат GIF допускает только модели индексированного цвета (см. разд. 1.3.4). В цветовой палитре пиксельного изображения можно указать один или несколько цветов в качестве прозрачных, и пиксели с такими цветами не будут воспроизводиться на экране.

Важно, что в файле формата GIF может содержаться описание не одного, а нескольких пиксельных изображений. Обозреватель и некоторые графические программы могут воспроизводить эти изображения последовательно с заданной в файле частотой. Эта возможность лежит в основе пиксельной анимации, получившей широчайшее распространение в Web (GIF-анимация).

Основной недостаток формата GIF — ограниченность размера палитры модели индексированного цвета (256 цветов). Для полиграфических проектов этого явно недостаточно.

3.3.5. Формат TIFF

Аппаратно независимый формат TIFF (Tagged Image File Format — формат файла изображения с тегами) первоначально разрабатывался для хранения результатов сканирования цветных изображений. В настоящее время его область применения существенно расширилась, он является одним из самых распространенных и надежных графических форматов, с ним могут работать практически все графические программы на PC и Macintosh. TIFF — наиболее удобный формат для экспорта пиксельных изображений в программы векторной графики, системы верстки и распознавания текста. Файл этого формата позволяет сохранять пиксельное изображение различных моделей цвета: монохромной, RGB, CMYK и многоканальной с дополнительными каналами плашечных цветов. В составе файла могут содержаться описания слоев, обтравочных контуров, альфа-каналов и другие дополнительные данные, в частности сведения о степени прозрачности любого из пикселей.

ПРИМЕЧАНИЕ

За счет того, что для любого пикселя указаны не только значения параметров модели цвета, но и степень прозрачности, глубина цвета для аддитивной модели становится равной не 24, а 32 bpp.

Формат TIFF имеет две разновидности: для Macintosh и PC. Это связано с тем, что процессоры Motorola и Intel по-разному записывают числа в память. Современные графические программы способны автоматически распознавать варианты формата и работать с любым из них.

В формате TIFF допускается сжатие по различным алгоритмам, в том числе LZW, ZIP и JPEG. Несмотря на то, что формат был разработан достаточно давно, эксперты считают его самым перспективным для хранения многослойных графических документов.

3.3.6. Формат JPEG

Разработанный в 1992 г. на конкурсной основе формат JPEG получил свое название по соответствующему методу сжатия пиксельных изображений (*см. разд. 3.3.1*). Распаковка данных, содержащихся в файлах этого формата, выполняется автоматически во время их открытия. Файлы формата JPEG могут содержать монохромные и полноцветные изображения в цветовых моделях RGB и CMYK.

Поскольку выбранные при создании файлов формата JPEG метод сжатия частично разрушает информацию исходного изображения, применение этого формата в полиграфических проектах не рекомендуется. Однако потери качества за счет сжатия не настолько велики, чтобы быть заметными в изображениях, включенных в экранные приложения и распечатываемые на принтерах среднего качества. Это обусловило широчайшую популярность формата в цифровой фотографии и WWW.

Но и при работе над графическими проектами в этих областях рекомендуется промежуточные версии изображений сохранять в формате с неразрушающим сжатием, поскольку повторное сжатие при последовательных многочисленных операциях сохранения файла может привести к практически полной деградации изображения. То же справедливо и в отношении импорта графических файлов в формате JPEG из цифровых камер. Рекомендуется перед промежуточным сохранением в процессе обработки (например, ретуши) преобразовывать такие изображения в формат TIFF.

На основе JPEG был разработан новый формат хранения сжатых изображений JPEG 2000. Предполагалось, что он должен заменить JPEG, поскольку обладает рядом неоспоримых достоинств: обеспечивает более высокие степени сжатия (файлы короче на 30% при заметном повышении качества изображения), режим неразрушающего сжатия, возможность по одному и тому же сжатому файлу получать изображения различного качества и размеров, автоматически исправлять одиночные ошибки. Однако тот факт, что в настоящее время с файловым форматом JPEG связано практически все аппаратное и программное обеспечение, так или иначе касающееся изображений, пока тормозит внедрение нового формата. Кроме того, он не обрабатывается обозревателями Web.

ПРИМЕЧАНИЕ

Фирма Microsoft разработала собственный закрытый формат HD Photo, аналогичный JPEG 2000, и включила его поддержку в операционную систему Vista.

3.3.7. Формат PCD

Этот формат, уже упоминавшийся в *разд. 3.2.2*, — разработка и собственность компании Kodak. Для представления данных о цвете в нем используется специфическая модель цвета YCbCr (YCC), разработанная специально для данного формата, но нашедшая более широкое применение в цифровой фотографии и видео. Графические файлы на основе этой модели цвета хорошо сжимаются большинством распространенных алгоритмов сжатия. Однако при открытии таких файлов в графических программах их приходится сразу же преобразовывать в монохромную модель цвета, модели RGB или Lab (*см. разд. 1.3.8*).

В табл. 3.3.1 приведены характеристики вариантов изображения, совместно сохраняемого в формате PCD.

Таблица 3.3.1. Характеристики вариантов изображения, сохраняемого в формате PCD

Обозначение варианта	Размеры растра в пикселах	Размеры отпечатка, см			
		при разрешении 72 ppi		при разрешении 300 ppi	
		Ширина	Высота	Ширина	Высота
Base/64	96×64	3,39	2,26	0,81	0,54
Base/16	192×128	6,77	4,52	1,63	1,08
Base/4	384×256	13,55	9,03	3,25	2,17
Base	768×512	27,09	18,06	6,50	4,33
4 Base	1536×1024	54,19	36,12	13,00	8,67
16 Base	3072×2048	108,37	72,25	26,01	17,34

3.3.8. Формат EPS

EPS (Encapsulated PostScript) нельзя считать форматом для представления только пиксельной графической информации. Его область применения значительно шире — описание документов, содержащих текстовую и графическую информацию как в пиксельной, так и в векторной форме (*см. разд. 2.10.1*). Первоначально он был разработан в качестве формата файлов для сохранения на диске описаний таких документов на упрощенной версии языка PostScript, непосредственно интерпретируемого высококачественными принтерами и фотонаборными автоматами. Однако не упомянуть этот формат в настоящей главе невозможно из-за его универсальности и широкой распространенности в полиграфической практике.

3.3.9. Формат PNG

Формат PNG (Portable Network Graphics) разработан сравнительно недавно для замены в сетевых информационных ресурсах морально устаревшего и имеющего патентные ограничения формата GIF. Формат PNG предполагает неразрушающее сжатие по открытому методу Deflate, сходному с LZW. Он позволяет сохранять пиксельные изображения почти всех цветовых моделей при глубине цвета от 1 до 48 битов. Сжатые индексированные изображения в формате PNG, как правило, меньше чем в GIF, а изображения в цветовой модели RGB и формате PNG меньше соответствующего файла TIFF.

Используется двумерный чересстрочный режим вывода на экран (не только строк, но и столбцов). В отличие от GIF, формат PNG позволяет задавать градуированную прозрачность пикселей (в диапазоне прозрачности от 0 до 99%) за счет включения в файл монохромного альфа-канала с 256 градациями (см. разд. 3.5.4). Кроме того, в этом формате можно сохранять многослойные изображения, указывая для отдельных слоев степень прозрачности. Однако он не позволяет хранить несколько изображений в одном файле.

Вероятно, в ближайшем будущем этот формат представления пиксельного изображения приобретет большую популярность, поскольку практически все современные программы компьютерной графики позволяют с ним работать.

3.3.10. Формат PSD

Формат PSD (Adobe PhotoShop Document) первоначально был разработан как формат сохранения графических файлов программы Adobe PhotoShop. По мере роста популярности и распространенности этой программы он приобрел определенную универсальность, и многие современные графические программы могут открывать файлы в этом формате. В формате PSD могут храниться изображения любого типа — от штриховых до полноцветных. В нем сохраняются все сведения о внутренней структуре документа: слои, каналы, тексты в векторной форме и многое другое. В последнее время на рынке появились библиотеки клипарт в формате PSD.

3.3.11. Формат DCS

Формат DCS (Digital Color Separations, цифровые цветоделенные формы) представляет собой усеченную версию формата EPS, предназначенную для передачи в полиграфические предприятия графических документов, содержащих в себе деленные формы (см. разд. 3.11.4) или дополнительные каналы

плашечных цветов. В настоящее время распространена спецификация формата DCS 2.0.

Графические документы в этом формате позволяют сохранять изображения с монохромной или субтрактивной цветовой моделью. Так же, как в формате EPS, предусмотрено наличие в составе графического файла прообраза (пиксельного изображения пониженного разрешения) для использования в программах верстки и предварительного просмотра.

DCS — единственный из форматов графических документов, позволяющий хранить изображение не в одном, а в нескольких файлах — отдельных для каждой деленной формы и каждого канала плашечного цвета. Формат предусматривает возможность сжатия данных по алгоритму JPEG, но на практике она встречается редко.

Список новых терминов

- ☐ Сжатие изображения
- ☐ Алгоритмы неразрушающего сжатия
- ☐ Алгоритмы разрушающего сжатия
- ☐ Алгоритм RLE
- ☐ Алгоритм LZW
- ☐ Алгоритм JPEG
- ☐ Формат BMP
- ☐ Формат PCX
- ☐ Формат GIF
- ☐ Формат TIFF
- ☐ Формат JPEG
- ☐ Формат PCD
- ☐ Формат PNG
- ☐ Формат PSD
- ☐ Формат DCS

Контрольные вопросы

1. Для чего необходимо сжатие изображений?
2. Чем отличаются алгоритмы неразрушающего и разрушающего сжатия?
3. Чем опасно многократное сохранение файла с применением разрушающего сжатия?

4. В чем состоит метод сжатия кодированием с переменной длиной строки?
5. Для каких изображений целесообразно сжатие по алгоритму LZW и в каких случаях оно неэффективно?
6. Каково основное назначение алгоритма сжатия JPEG?
7. Каковы достоинства и недостатки формата BMP?
8. Какие форматы вытесняют формат PCX?
9. Каково основное назначение формата GIF?
10. Что представляет собой чересстрочная загрузка изображения?
11. Что позволяет использовать формат GIF для воспроизведения пиксельной анимации?
12. Каков основной недостаток формата GIF?
13. Каковы основные преимущества использования формата TIFF?
14. Какие модели цвета совместимы с форматом TIFF?
15. Какие дополнительные элементы пиксельного графического документа помимо растра могут сохраняться в формате TIFF?
16. Как в формате TIFF сохраняются сведения о прозрачности пикселей?
17. Каковы достоинства и недостатки формата JPEG?
18. Какие усовершенствования внесены в формат JPEG 2000 по сравнению с JPEG?
19. Для каких целей служит формат PCD?
20. Каковы возможности формата EPS по сохранению пиксельных изображений?
21. Чем отличается формат PNG от GIF?
22. В чем состоят главные преимущества формата PSD?
23. Для каких целей предназначен формат DCS?

Темы для обсуждения

1. Эволюция графических форматов, применяемых в цифровой полиграфии.
2. Эволюция графических форматов, применяемых в цифровой фотографии.
3. Эволюция графических форматов, применяемых в онлайн-приложениях.

3.4. Документы на основе пиксельной информационной модели

В предшествующих главах пиксельная модель изображения рассматривалась, главным образом, с теоретической точки зрения. При всей важности такого подхода следует отметить — для того, чтобы пиксельные изображения можно было обрабатывать с помощью программных средств компьютерной графики, эта модель должна быть конкретизирована, представлена в виде определенных структур данных, с которыми могли бы работать соответствующие алгоритмы. Такая процедура называется реализацией. *Реализация* — способ хранения данных информационной модели и набор программных средств, с помощью которых пользователь может работать с этими данными. Процесс реализации информационной модели составляет неотъемлемую часть разработки программных средств — как отдельных, так и входящих в интегрированные пакеты. Основные цели разработки:

- ☐ повышение скорости решения задач и их качества;
- ☐ удобство работы пользователя;
- ☐ коммерческая эффективность.

Необходимость достижения этих целей приводит к возникновению двух тенденций. Первая заключается в том, что удачные идеи реализации пиксельной информационной модели рано или поздно внедряются в программные продукты всех значительных фирм, занимающихся разработкой программных средств компьютерной графики. Вторая состоит в том, что эти идеи реализуются по-разному, зачастую — вполне целенаправленно. Не останавливаясь на причинах, отметим, что конкуренция разработчиков, обеспечивая развитие и совершенствование средств компьютерной графики, доставляет существенные неудобства пользователям. В первую очередь это относится к терминологии и интерфейсу средств компьютерной графики (см. разд. 1.1.4).

В частности, одинаковые по своей сути объекты информационных моделей графических документов называются по-разному, а функционально одинаковые совокупности методов работы с ними реализованы с помощью различных

наборов инструментов и пользовательских меню. Поэтому при изучении материала настоящей и последующих глав рекомендуется параллельно изучать учебник или руководство пользователя по конкретной программе. Знание материала этой и последующих глав призвано не заменить руководство пользователя, а подсказать, что в нем следует искать в первую очередь.

3.4.1. Пиксельный документ.

Слои и рендеринг

Во всех программах компьютерной графики пиксельному изображению сопоставляется пиксельный графический документ. Это значит, что пиксельное изображение сохраняется в отдельном именованном файле, и при открытии этого файла в рабочем пространстве программы появляется отдельное окно, в котором и отображается изображение.

Окна графических документов

Кроме стандартных неспецифических методов работы с окнами графических документов (открытие, сохранение, перетаскивание окна, изменение его размеров, свертывание, развертывание и т. п.), у графических документов имеются и важные неспецифические методы:

- ☐ изменение масштаба отображения;
- ☐ позиционирование документа в окне с помощью навигаторов;
- ☐ открытие дополнительных окон ранее открытого документа.

Поскольку в процессе работы с пиксельным изображением очень часто приходится концентрировать внимание на отдельных деталях (иногда весьма мелких), графические редакторы позволяют менять масштаб отображения в очень широком диапазоне (в среднем — от 1 до 2000%).

Позиционирование документа внутри окна при условии, что в нем видна лишь небольшая часть изображения — непростая задача. Поэтому дополнительным способом позиционирования часто служат навигаторы. *Навигатор* — инструмент позиционирования, в состав которого входит миниатюра (уменьшенная копия изображения). Щелчок инструментом в любой точке миниатюры приводит к прокрутке документа в окне так, чтобы соответствующая точка изображения располагалась как можно ближе к середине окна.

Открытие дополнительных окон позволяет одновременно видеть документ в различных масштабах отображения, что бывает очень нужно при некоторых операциях редактирования.

Кроме того, в рабочем пространстве большинства графических редакторов могут одновременно открываться несколько графических документов. Наличие нескольких окон с разными изображениями обеспечивает широкие возможности в работе над графическими проектами, предусматривающими компоновку изображений из отдельных фрагментов.

Слой пиксельного документа

В отличие от информационной модели векторного изображения, основными концепциями построения которой являются стопка объектов и слои (см. разд. 2.7.1), информационная модель пиксельного изображения структурирована слабее. В ней нет понятия "объект изображения". Поэтому минимальный структурный элемент, на который можно воздействовать в процессе редактирования пиксельного изображения, — совокупность выделенных пикселей. Операции выделения совокупности пикселей — формирования выделенной области (см. разд. 3.5.1) — достаточно трудоемки.

Из-за этого практически во всех современных программах для работы с пиксельными изображениями предусматривается возможность наличия в пиксельном графическом документе нескольких слоев. *Слоем* называется часть графического документа, совпадающая с ним по размерам и разрешению, но представляющая собой отдельное пиксельное изображение. Слои пиксельного изображения образуют стопку слоев, в которой четко задано местоположение каждого из них относительно остальных. Таким образом, стопка — это аналог третьей координаты плоского графического документа.

Так же, как в векторном изображении, на экране отображается результат рендеринга, в процессе которого строится так называемое композитное изображение, на состав которого могут оказывать влияние все или только отдельные слои пиксельного документа.

ПРИМЕЧАНИЕ

При рендеринге векторного изображения, в состав которых не входят линзы прозрачности, составляющие композитного изображения определяются исключительно по признаку перекрытия одних объектов другими с удалением невидимых частей. При рендеринге пиксельного изображения кроме порядка расположения слоев приходится принимать в расчет степень прозрачности каждого пикселя и слоя в целом, а также назначенный слою режим наложения. Прозрачность и режимы наложения рассматриваются в последующих разделах настоящей главы.

С помощью операции выделения один из слоев документа можно сделать активным. Все операции редактирования распространяются только на изображение, расположенное на активном слое.

Специфические параметры слоя:

- ❑ *Номер в стопке* — целое число, соответствующее порядковому номеру слоя в стопке, считая нижний слой первым.
- ❑ *Смещение* — пара действительных чисел, определяющая сдвиг каждого из слоев стопки в плоскости изображения относительно общей для всего изображения двумерной системы декартовых координат.
- ❑ *Прозрачность* — целое число в диапазоне от 0 до 100%, определяющее степень прозрачности слоя в целом (см. разд. 3.4.2).
- ❑ *Признак связи* — структура данных, сохраняющая сведения о том, связан ли текущий слой с какими-либо другими слоями, и о том, с какими именно.
- ❑ *Признак видимости* — логическое значение, определяющее, будет участвовать данный слой в процедуре рендеринга или нет.
- ❑ *Признак блокировки* — логическое значение, определяющее, возможно ли выполнение операций редактирования изображения на данном слое или нет.

Основные специфические методы слоя:

- ❑ *Создание* — всем пикселям слоя назначается состояние по умолчанию (обычно — полная прозрачность 100%).
- ❑ *Дублирование* — копия активного слоя со всем его содержимым и значениями управляющих параметров.
- ❑ *Удаление* — слой удаляется из стопки, изображение на нем утрачивается.
- ❑ *Перемещение в стопке* — изменяется местоположение слоя относительно других слоев и его номер в стопке.
- ❑ *Перемещение в плоскости изображения* — изменяется местоположение слоя относительно системы координат изображения, но его номер в стопке не меняется.
- ❑ *Связывание* — из совместно выделенных слоев создается группа, в которой каждый слой связан со всеми остальными.
- ❑ *Разрыв связи* — выделенный слой выводится из состава группы связанных слоев.
- ❑ *Изменение прозрачности* — задается степень вклада изображения выделенного слоя в композитное изображение, создаваемое при рендеринге.
- ❑ *Изменение режима наложения* — задается алгоритм, по которому процедура рендеринга обрабатывает пиксели выделенного слоя при построении композитного изображения.

- ❑ *Изменение режима блокировки* — задаются возможные режимы блокировки, запрещающие редактирование изображения слоя полностью или в отдельных аспектах.
- ❑ *Сведение* — изображение преобразуется в однослойное.

На рис. 3.4.1 представлены пиксельные изображения, расположенные на отдельных слоях графического документа: бюст Сократа на белом фоне, лавровый венок и тюремная решетка — на прозрачном.

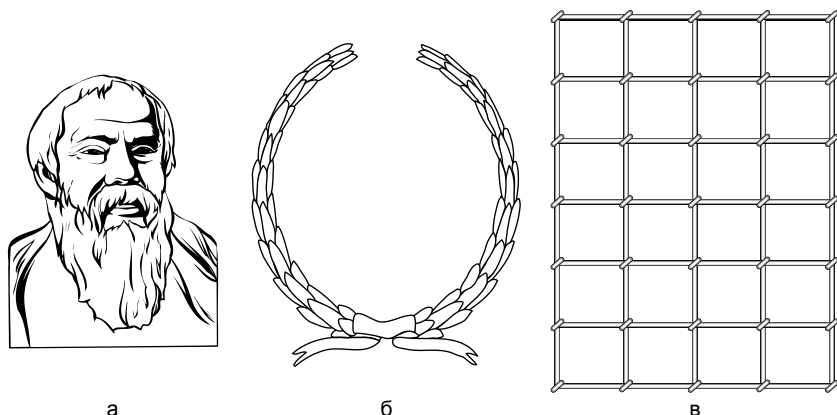


Рис. 3.4.1. Пиксельные изображения, хранящиеся в графическом документе в виде слоев:
а — нижний слой; б — второй слой; в — третий слой

На рис. 3.4.2 схематически представлено расположение слоев в стопке, и его вариант после перестановки верхнего слоя вниз.

На рис. 3.4.3 представлены результаты рендеринга трехслойного изображения для различных вариантов перестановки слоев.

ПРИМЕЧАНИЕ

На рис. 3.4.3, б решетки практически не видно. Это объясняется тем, что портрет расположен на белом фоне, и для слоя с ним установлена нулевая прозрачность.

Слои могут входить в более крупные структурные элементы графического документа:

- ❑ группу связанных слоев;
- ❑ маску слоя;
- ❑ макетную группу;
- ❑ именованный набор слоев.

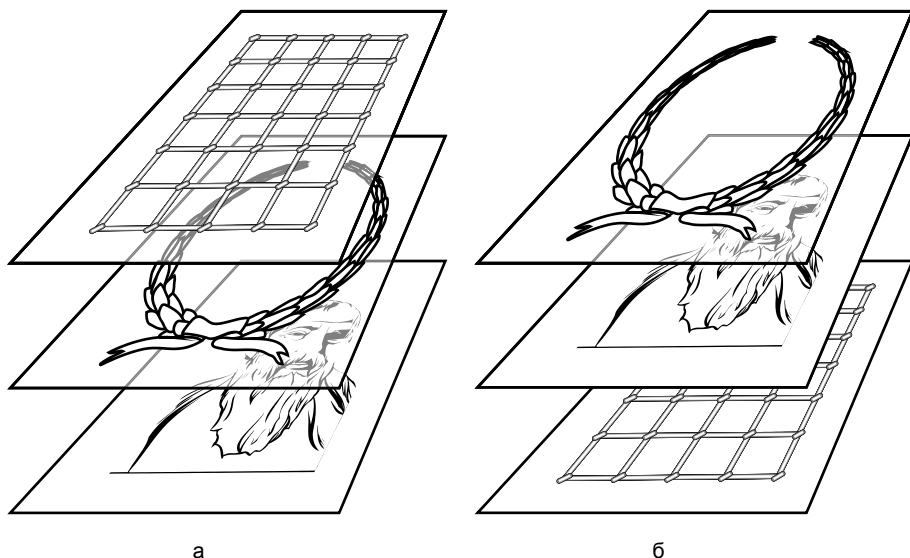


Рис. 3.4.2. Перестановка слоев пиксельного документа:
а — исходное; б — верхний слой перемещен вниз



Рис. 3.4.3. Влияние порядка следования слоев на композитное изображение:
а — слои следуют в порядке абв (снизу вверх, обозначение слоев соответствует рис. 3.4.1);
б — слои следуют в порядке ваб; в — слои следуют в порядке абв

Группой связанных слоев называется такая их совокупность, в которой любое аффинное преобразование, выполненное с одним из слоев группы (смещение, поворот, масштабирование), автоматически выполняется с теми же значениями управляющих параметров и на остальные слои группы. Во многих

программах над группой связанных слоев могут выполняться операции выравнивания и распределения (см. разд. 2.6.4 и 2.6.5).

Маски слоя и макетные группы рассматриваются в разд. 3.5.4.

Именованный набор слоев — совокупность слоев, которая может совместно перемещаться относительно стопки и синхронно менять признак видимости, не обладая при этом свойствами группы связанных слоев.

При работе с многослойными пиксельными документами важную роль играет операция сведения слоев. В процессе этой операции выполняется рендеринг композитного изображения, и результат размещается на новом слое, который помещается в документ вместо всех ранее располагавшихся в нем слоев. Это бывает необходимо перед сохранением в форматах, не обеспечивающих хранение нескольких слоев. Операция сведения может быть частичной, распространяющейся только на выделенные совместно слои или на пару смежных слоев.

Кроме слоев пиксельного изображения в многослойных документах могут присутствовать специальные слои:

- ❑ *Слой векторного изображения* — позволяет сохранять в составе пиксельного графического документа отдельные элементы векторного изображения, которые преобразуются в пиксельное изображение только при рендеринге (см. разд. 3.9.11).
- ❑ *Текстовые слои* — позволяют сохранять в составе пиксельного изображения текст в векторном представлении. Они подробно рассматриваются в главе 3.8.
- ❑ *Слой заливки* — пиксельный слой графического документа, на который не распространяются операции индивидуального редактирования пикселей и их групп. Можно для всего слоя изменить цвет, степень прозрачности и режим наложения.
- ❑ *Корректирующий слой* — средство выполнения обратимых преобразований нижележащих слоев. На этом слое не содержится никакого изображения, он предназначен только для сохранения типа и управляющих параметров преобразования.

3.4.2. Прозрачность и полупрозрачность

В бытовом смысле под прозрачностью понимается свойство той или иной среды пропускать через себя световые лучи в количестве, достаточном для формирования изображения. В пиксельной компьютерной графике термин "прозрачность" требует дополнительных уточнений.

Под *истинной прозрачностью* понимается состояние пиксела, при котором он не участвует в выводе изображения. Такого рода прозрачность не может быть частичной. Она либо есть, либо нет, и тогда у пиксела имеется определенный цвет. О такой прозрачности можно говорить только при работе с однослойными документами и моделью индексированного цвета.

При работе с многослойными пиксельными документами приходится иметь дело с переменной прозрачностью. *Переменная прозрачность* — состояние пиксела изображения, в котором он, в зависимости от значения прозрачности, в большей или меньшей степени участвует в процедуре рендеринга. Переменная прозрачность измеряется в процентах. Прозрачность всех пикселей верхнего слоя 100% означает, что в двухслойном документе композитное изображение будет совпадать с изображением, расположенным на нижнем слое. Прозрачность всех пикселей верхнего слоя 0% означает, что в двухслойном документе композитное изображение будет совпадать с изображением, расположенным на верхнем слое. Прозрачность всех пикселей верхнего слоя 50% означает, что в двухслойном документе композитное изображение будет состоять из пикселей, для которых параметры модели цвета будут вычислены как среднее арифметическое параметров лежащих друг под другом пикселей верхнего и нижнего слоя.

ПРИМЕЧАНИЕ

Алгоритм расчета значений параметров цветовой модели пикселей композитного изображения будет таким только в том случае, когда для верхнего слоя установлен режим наложения "нормальный". Этот режим, как самый употребительный, обычно назначается любому слою при его создании.

Степень прозрачности каждого пиксела слоя определяется с учетом индивидуальной прозрачности каждого его пиксела (они могут различаться) и прозрачности слоя в целом (одинаковой для всех пикселей). Значение итоговой степени прозрачности можно рассчитать по формуле:

$$T_{\Sigma} = T_{\Pi} + (100\% - T_{\Pi}) \times T_c, \quad (3.4.1)$$

где T_{Σ} и T_{Π} — итоговая и индивидуальная степени прозрачности пиксела; T_c — степень прозрачности слоя.

В некоторых программах пиксельной графики вместо прозрачности приходится иметь дело с плотностью. *Плотностью* или непрозрачностью называется величина, дополняющая прозрачность до 100%.

Влияние степени прозрачности слоя на результат рендеринга демонстрирует рис. 3.4.4. На нижнем слое изображен бюст Сократа, на верхнем — изображение решетки на белом фоне. Степень индивидуальной прозрачности пикселей верхнего слоя 0% (промежутки между прутьями залиты белым цветом).

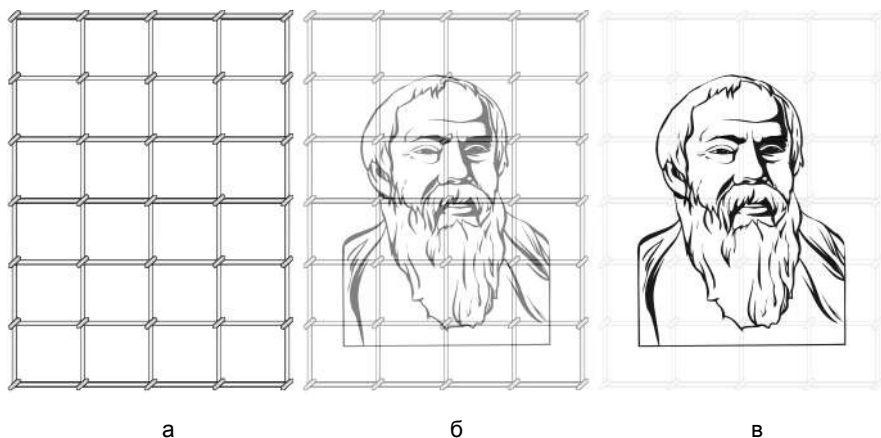


Рис. 3.4.4. Влияние степени прозрачности слоя на результат рендеринга.
Прозрачность верхнего слоя: а — 0%; б — 50%; в — 90%

Как видно из этого примера, увеличение прозрачности верхнего слоя визуально воспринимается как "растворение" его изображения и "проявление" изображения нижнего слоя.

На рис. 3.4.5 отдельные пиксеты верхнего слоя (промежутки между прутьями) имеют индивидуальную прозрачность 100%, поэтому она, в соответствии с формулой (3.4.1), не меняется при изменении прозрачности слоя во всем диапазоне.

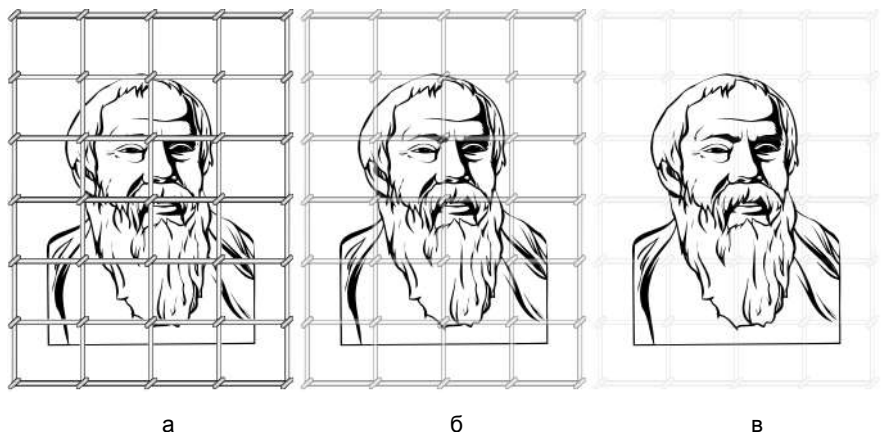


Рис. 3.4.5. Влияние итоговой степени прозрачности пикселей слоя на результат рендеринга. Прозрачность верхнего слоя: а — 0%; б — 50%; в — 90%

3.4.3. Режимы наложения слоев

Формирование итогового изображения в процессе рендеринга многослойных пиксельных документов, как уже отмечалось, выполняется расчетным путем для каждого пиксела. Расчет выполняется сначала над парами пикселей первого и второго слоя, причем результат запоминается как рабочий слой. Затем выполняются расчеты для рабочего слоя и третьего слоя, причем результат снова запоминается как рабочий слой, и так до получения итогового изображения. Исходные данные для расчетов, выполняющихся над парой смежных слоев (нижним, *базовым*, и верхним, *накладываемым*) — значения параметров цветовой модели пар пикселей, расположенных друг над другом, и степень прозрачности верхнего слоя. Выполняющиеся вычисления определяют режим наложения верхнего слоя.

Режимом наложения слоя называется способ определения цвета пиксела итогового изображения по цветам расположенных непосредственно друг над другом пикселей базового и накладываемого слоев.

Режимы наложения — важнейший инструмент работы над графическими проектами, с их помощью решается множество как композиционных, так и технических задач. В различных программах пиксельной графики используются разные списки режимов, их число велико, поэтому в последующих подразделах рассматриваются только самые важные.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для простоты предположим далее, что растр пиксельного изображения состоит из одного-единственного пиксела, а документ — из двух слоев. Если на практике растр состоит из большего числа пикселей, то описанные далее расчеты применяются поочередно к каждой паре пикселей, расположенных друг под другом. Если слоев больше двух, расчеты выполняются по схеме, приведенной в начале раздела.

Нормальный режим

В нормальном режиме наложения слоя при отсутствии прозрачности у пикселей накладываемого слоя итоговое изображение совпадает с накладываемым слоем. Если для всего накладываемого слоя задана степень прозрачности и/или отдельные пиксели накладываемого слоя в той или иной степени прозрачны, то для каждого пиксела накладываемого слоя по формуле (3.4.1) вычисляется итоговая степень прозрачности, а затем — значения компонентов цветовой формулы по формулам (3.4.2).

$$R_{\Sigma} = R_0 \times T + (100\% - T) \times R_n;$$

$$G_{\Sigma} = G_{\text{б}} \times T + (100\% - T) \times G_{\text{н}}; \quad (3.4.2)$$

$$B_{\Sigma} = B_{\text{б}} \times T + (100\% - T) \times B_{\text{н}},$$

где $R_{\text{б}}$, $G_{\text{б}}$ и $B_{\text{б}}$ — значения параметров R, G и B цветовой формулы пиксела базового слоя; $R_{\text{н}}$, $G_{\text{н}}$ и $B_{\text{н}}$ — то же для накладываемого слоя; R_{Σ} , G_{Σ} и B_{Σ} — то же для итогового изображения; T — значение итоговой степени прозрачности пиксела накладываемого слоя.

Режим растворения

Как и при нормальном режиме, при растворении нулевая прозрачность пикселей накладываемого слоя исключает участие в рендеринге лежащих ниже них пикселей базового слоя. По мере увеличения прозрачности накладываемого слоя определенное число пикселей этого слоя получают 100%-ную степень прозрачности, причем их число прямо пропорционально степени прозрачности слоя. Эти пиксели выбираются случайно, примерно так же, как позиции точек в стохастическом растре (см. разд. 3.1.4). При 100%-ной прозрачности накладываемого слоя все его пиксели становятся полностью прозрачными.



Рис. 3.4.6. Фрагмент двухслойного пиксельного документа с равномерными заливками слоев при режиме наложения "растворение" и степени прозрачности слоя 50%

В отличие от всех других режимов, в режиме растворения степень итоговой прозрачности пикселей накладываемого слоя не меняется плавно с изменением степени прозрачности слоя — она влияет только на число пикселей, ставших полностью прозрачными. На рис. 3.4.7 представлен пример режима растворения: к слою текста, заключенному в оболочку, применен режим растворения с прозрачностью 50%.



Рис. 3.4.7. Режим наложения слоев "растворение" при степени прозрачности слоя 50%

Режим умножения

В режиме "умножение" значения параметров цветовой модели итогового изображения получаются путем перемножения соответствующих значений пикселей из двух слоев с нормированием, которое выполняется делением на максимальное значение параметра (при глубине цвета 8 bpi — на 256). Для цветовой модели RGB формулы выглядят следующим образом:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma} &= R_n \times R_6 \times T / 255 + (100\% - T) \times R_6; \\ G_{\Sigma} &= G_n \times G_6 \times T / 255 + (100\% - T) \times G_6; \\ B_{\Sigma} &= B_n \times B_6 \times T / 255 + (100\% - T) \times B_6, \end{aligned} \quad (3.4.3)$$

где обозначения те же, что в формуле (3.4.2).

Общее изображение всегда получается темнее любого из двух исходных. Поэтому этот режим часто используют для притенения слишком светлых изображений. На рис. 3.4.8 представлен двухслойный графический документ, на базовом слое которого располагается стилизованная надпись с однородной заливкой 20% черного, а накладываемый слой содержит градиентную заливку с переходом от 100% черного к 0% черного, и для него назначен режим наложения "умножение".



Рис. 3.4.8. Пример применения режима наложения "умножение" к слою с градиентной заливкой

На итоговом изображении видно, что буквы везде темнее фона, а в левой части градиента, где оттенки черного приближаются к 100%, сливаются с ним.

Для режима умножения существует нейтральный цвет — белый. *Нейтральным* называется цвет заливки пикселей накладываемого слоя, при котором итоговое изображение совпадает с базовым слоем.

Режим осветления

В режиме осветления итоговое изображение становится светлее, чем базовый и накладываемый слой. При этом если на накладываемом слое при нулевой прозрачности имеется однородная черная заливка, то итоговое изображение совпадает с изображением базового слоя. Если же на накладываемом слое при нулевой прозрачности есть однородная белая заливка, то итоговое изображение становится однородно белым независимо от своего исходного содержания.

Для цветовой модели RGB формулы вычисления значений параметров формулы цвета итогового изображения выглядят следующим образом:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma} &= T \times (255 - (255 - R_n) \times (255 - R_b) / 255) + (100\% - T) \times R_b; \\ G_{\Sigma} &= T \times (255 - (255 - G_n) \times (255 - G_b) / 255) + (100\% - T) \times G_b; \\ B_{\Sigma} &= T \times (255 - (255 - B_n) \times (255 - B_b) / 255) + (100\% - T) \times B_b, \end{aligned} \quad (3.4.4)$$

где обозначения те же, что в формуле (3.4.2).



Рис. 3.4.9. Пример применения режима наложения "осветление" к слою с градиентной заливкой

Метафорой операции наложения слоев служит нанесение на изображение базового слоя отбеливателя в пропорции, определяемой тоном соответствующих пикселей изображения на накладываемом слое. На рис. 3.4.9 показан тот же двухслойный графический документ, что на рис. 3.4.8, только режим наложения градиентного слоя изменен на "осветление". В результате темные тона накладываемого градиента исчезли, а все буквы надписи стали светлее,

причем степень осветления определяется оттенком накладываемого градиента. Там, где оттенки градиента приближаются к 0% черного цвета, буквы надписи начинают сливаться с фоном.

Нейтральный цвет для режима наложения слоев "осветление" — черный.

Режим перекрытия

"Перекрытие" — это комбинация двух описанных ранее режимов. Если пиксел базового слоя темнее пиксела накладываемого, то цвет пиксела итогового изображения определяется как при режиме "умножение". В противном случае — как при режиме "осветление".

Применение режима перекрытия позволяет управлять степенью осветления и затемнения изображения на базовом слое с помощью значений тона изображения накладываемого слоя. На рис. 3.4.10 показано, что в тех местах, где оттенок градиентной заливки накладываемого слоя светлее 50% черного (правая половина изображения) происходит осветление изображения базового слоя. Там, где оттенок заливки накладываемого слоя темнее 50% черного (левая половина изображения), итоговое изображение получается темнее изображения на базовом слое.

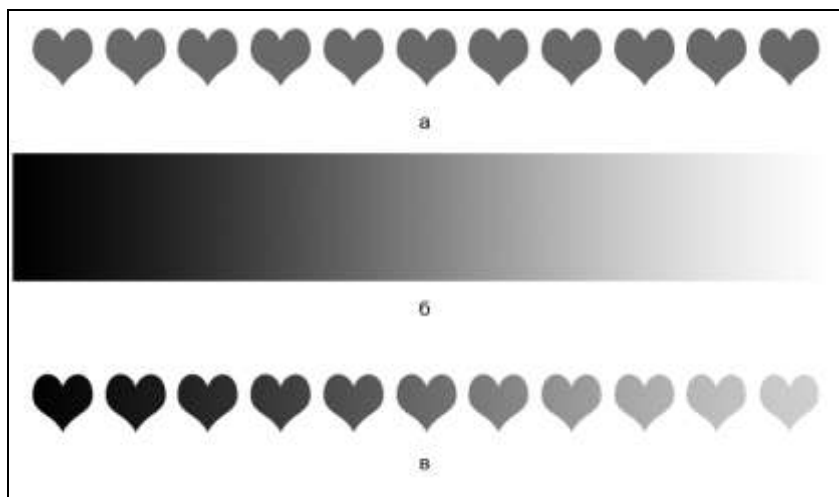


Рис. 3.4.10. Пример применения режима наложения "перекрытие":
а — базовый слой; б — накладываемый слой; в — итоговое изображение

Режим перекрытия сохраняет при рендеринге детали изображений как базового, так и накладываемого слоя. Это позволяет использовать его для нало-

жения текстур на изображения с равномерной заливкой. На рис. 3.4.10 на базовом слое представлено изображение надписи, составленное из букв с фасками по краям, а в качестве накладываемого слоя выбрано изображение с подходящей текстурной заливкой.

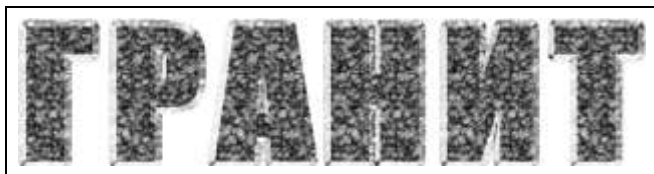


Рис. 3.4.11. Пример применения режима наложения "перекрытие" для текстурирования

Нейтральный цвет для режима наложения слоев "перекрытие" — нейтральный серый, т. е. 50%-ный оттенок черного (при глубине цвета 8 bpp R127G127B127).

Режим разности

В этом режиме цвет пиксела итогового изображения определяется вычитанием компонентов цветовых формул пикселей базового и итогового изображений. Формулы вычислений выглядят следующим образом:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma} &= T \times |R_n - R_6| + (100\% - T) \times R_6; \\ G_{\Sigma} &= T \times |G_n - G_6| + (100\% - T) \times G_6; \\ B_{\Sigma} &= T \times |B_n - B_6| + (100\% - T) \times B_6, \end{aligned} \quad (3.4.5)$$

где обозначения те же, что в формуле (3.4.2).

ПРИМЕЧАНИЕ

Обратите внимание, что разность значений параметров цвета берется по абсолютной величине.

Важнейшая особенность этого режима наложения слоев — то, что при совпадении цветов пикселей базового и накладываемого слоя на итоговом изображении возникает пиксел черного цвета. Это позволяет выполнять с помощью этого режима выравнивание изображений на слоях и выделение кромок (рис. 3.4.12).

Изображение на рис. 3.4.12 было сформировано следующим образом. Базовое изображение было скопировано семь раз, в результате чего получились восемь слоев с одинаковыми изображениями. Далее они были разбиты на смежные в стопке пары. После этого верхние слои в каждой из четырех пар

были сдвинуты на два пиксела: в первой паре — вниз, во второй — вправо, в третьей — вверх, а в четвертой — влево. Затем верхним слоям в парах был назначен режим наложения "разность". После этого слои в парах были соединены, а изображение инвертировано (заменено негативом). В заключение трем верхним из оставшихся в стопке четырех слоев был назначен режим наложения "умножение".



Рис. 3.4.12. Выделение кромок с помощью режима наложения слоев "разность"

ПРИМЕЧАНИЕ

Как видно из этого примера, иногда решение задач в графическом проектировании требует выполнения достаточно длинных последовательностей действий.

Нейтральный цвет для режима наложения слоев "разность" — черный.

3.4.4. Каналы цвета

Кроме слоев, в большинстве современных программных средств реализация пиксельных графических документов позволяет работать непосредственно с каналами цвета. *Каналом цвета* называется вспомогательное монохромное изображение, размеры и разрешение которого совпадают со значением тех же параметров раstra графического документа, а значение управляющего параметра цвета монохромной модели равно значению соответствующего компонента цветовой формулы пиксела основного изображения.

Например, если основное изображение состоит из одного слоя с равномерной заливкой цветом с формулой R200G150B25, то все пикселы канала красного цвета будут иметь цвет R200, канала зеленого цвета — R150, а канала синего цвета — R25. Таким образом, цветовые каналы позволяют представлять полноцветное изображение совокупностью монохромных.

В монохромных изображениях цветовой канал — единственный, он совпадает с растром самого изображения. Для цветовых моделей RGB, HSV и Lab цветовых каналов три, и каждый обозначается по названию параметров цветовой модели. Цветовая модель CMYK имеет четыре канала цвета.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для цветовых моделей HSV и Lab каналы, строго говоря, не являются каналами цвета, поскольку параметры этих моделей не имеют прямой интерпретации в терминах цвета (см. разд. 1.3.7 и 1.3.8).

На рис. ЦВ-3.4.13 показано влияние содержимого каналов цвета на композитное изображение для модели цвета RGB. В центре изображения получается белый цвет R255G255B255, в маленьких треугольниках — желтый R255G255B0, в больших — пурпурный R255G0B255 и бирюзовый R0G255B255.

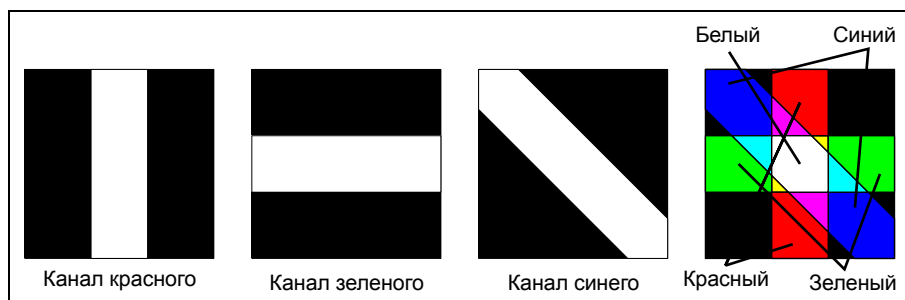


Рис. ЦВ-3.4.13. Цветовые каналы и композитное изображение

Список новых терминов

- ☐ Реализация информационной модели
- ☐ Пиксельный графический документ
- ☐ Навигатор
- ☐ Слой пиксельного изображения
- ☐ Группа связанных слоев
- ☐ Именованный набор слоев
- ☐ Слой векторного изображения
- ☐ Текстовый слой
- ☐ Слой заливки
- ☐ Корректирующий слой
- ☐ Истинная прозрачность

- ☐ Переменная прозрачность
- ☐ Плотность изображения
- ☐ Базовый слой
- ☐ Накладываемый слой
- ☐ Нормальный режим наложения слоя
- ☐ Режим растворения
- ☐ Режим умножения
- ☐ Нейтральный цвет
- ☐ Режим осветления
- ☐ Режим перекрытия
- ☐ Режим разности
- ☐ Канал цвета

Контрольные вопросы

1. Чем пиксельное изображение отличается от пиксельного графического документа?
2. Какие цели ставятся при реализации информационной модели изображения?
3. По каким причинам современные программные средства пиксельной графики различаются интерфейсом пользователя?
4. Для каких целей служат неспецифические методы окна пиксельного графического документа?
5. Для чего бывает необходимо открывать одновременно несколько окон с одним графическим документом?
6. Чем различаются слои пиксельного и векторного графических документов?
7. Чем различаются процедуры рендеринга пиксельного и векторного графических документов?
8. Какие структурные элементы могут входить в пиксельный графический документ?
9. Для чего может понадобиться связывание слоев?
10. Каково назначение слоев векторного изображения?
11. Чем слой заливки отличается от обычного слоя пиксельного изображения?
12. Для чего предназначены корректирующие слои?

13. Чем истинная прозрачность отличается от переменной прозрачности?
14. Как определяется итоговая прозрачность пикселей слоя?
15. Что характеризует плотность изображения?
16. Что определяет режим наложения слоя?
17. Какую роль играет прозрачность в расчете значений компонентов цветовой формулы в нормальном режиме наложения слоя?
18. В чем особенность рендеринга при режиме наложения слоя "растворение"?
19. Что получится в результате рендеринга двух слоев с одинаковым изображением при режиме наложения "умножение"?
20. Какой цвет является нейтральным для режима наложения "умножение"?
21. Что получится в результате рендеринга двух слоев с одинаковым изображением при режиме наложения "осветление"?
22. Какой цвет является нейтральным для режима наложения "перекрытие"?
23. Что получится в результате рендеринга двух слоев с одинаковым изображением при режиме наложения "осветление"?
24. Какой цвет является нейтральным для режима наложения "перекрытие"?
25. Изменится ли результат рендеринга двухслойного графического документа в режиме разности после перестановки слоев местами?
26. Какой цвет является нейтральным для режима наложения "разность"?
27. Сколько каналов цвета в цветовой модели СМΥΚ?
28. Как связаны изображение канала цвета и полноцветное итоговое изображение?
29. Каково назначение первого канала цвета цветовой модели Lab?
30. Какие цвета получатся на изображении, если показанные на рис. ЦВ-3.4.13 цветовые каналы преобразовать в негативы?

Темы для обсуждения

1. Слои в пиксельных и векторных графических документах: общие свойства и отличия.
2. Специфические атрибуты слоев пиксельных графических документов.
3. Изобразительные возможности режимов наложения слоя.
4. Изобразительные возможности цветовых каналов.

3.5. Выделение части пиксельного изображения

Как уже отмечалось ранее (см. разд. 1.2.4), информационная модель пиксельного изображения слабо структурирована. Отдельные пиксели не связаны со структурой изображения, с его семантически нагруженными фрагментами. Выделение в составе пиксельного графического документа слоев (см. разд. 3.4.1) позволяет несколько увеличить степень структурированности пиксельного изображения, но не решает в полном объеме задачу применения операции редактирования только к некоторым из пикселей изображения.

Поэтому в составе интерфейса пользователей всех программных средств для работы с пиксельными изображениями имеются методы автоматического, автоматизированного и "ручного" выделения части пиксельного изображения. В этой главе рассматривается понятие выделенной области, основные приемы ее построения и модификации, а также некоторые смежные понятия.

3.5.1. Выделенная область

Выделенной областью пиксельного изображения принято называть совокупность пикселей изображения, на которые будут распространяться операции редактирования, выполняемые после ее создания. Если в графическом документе задана выделенная область, то на пиксели, не входящие в нее, операции редактирования не воздействуют, если не задана — считается, что выделены все пиксели изображения.

ПРИМЕЧАНИЕ

В различных книгах по компьютерной графике выделенная область называется областью выделения, выделением, выбранной областью, активной областью, объектом — терминология пока еще далека от стабильного состояния.

В многослойных документах выделенная область, как правило, распространяется на пиксели только одного слоя.

Во многих программах пиксельной компьютерной графики для каждого из пикселей, входящих в выделенную область, можно задать индивидуальную

степень выделенности — относительную величину, определяющую степень воздействия операций редактирования на пиксел (рис. 3.5.1).

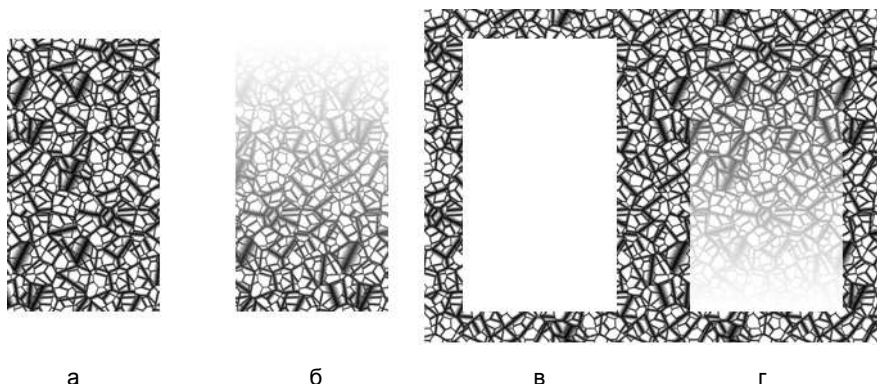


Рис. 3.5.1. Влияние степени выделенности пикселей на результаты операций редактирования

На рис. 3.5.1, *а* в графическом документе, состоящем из одного слоя с однородной белой заливкой, была выделена прямоугольная область со 100%-ной степенью выделенности всех пикселей. Затем была выполнена операция текстурной заливки.

На рис. 3.5.1, *б* в таком же документе была построена выделенная область той же формы и размеров, в которой степень выделенности пикселей менялась в направлении сверху вниз от 0 до 100%. Затем была выполнена операция текстурной заливки.

На рис. 3.5.1, *в* и *г* исходный документ представлял собой один слой с текстурной заливкой. В варианте рис. 3.5.1, *в* была выделена прямоугольная область со 100%-ной степенью выделенности всех пикселей. Затем была выполнена операция стирания. В варианте рис. 3.5.1, *г* была построена выделенная область той же формы и размеров, в которой степень выделенности пикселей менялась в направлении сверху вниз от 0 до 100%. Затем была выполнена операция стирания.

ПРИМЕЧАНИЕ

В большинстве графических редакторов пиксельных изображений выделенные области с переменной степенью выделенности пикселей строятся при помощи масок (см. разд. 3.5.4).

Границей выделенной области называется линия, отделяющая пикселы со степенью выделенности, отличной от 0%, от пикселей, не вошедших в выделенную область.

Различают два типа выделенных областей: *связные* (contiguous) и *несвязные*. *Связная* или *смежная выделенная область* — область, граница которой представляет собой односвязную линию (см. разд. 2.3.2), *несвязная* или *несмежная выделенная область* — многосвязную линию.

3.5.2. Основные методы выделения области изображения

Методы, использующиеся для построения выделенной области, условно разделяются на две категории: первичного построения и модификации. При первичном построении ранее построенная выделенная область отменяется, и тем или иным способом строится новая выделенная область. При модификации состав и степень выделенности пикселей выделенной области может изменяться.

Первичное построение выделенной области

Основные методы первичного построения выделенной области:

- ☐ Выделение всех пикселей изображения со степенью прозрачности, отличной от 100% (см. разд. 3.4.3).
- ☐ Выделение всех прозрачных пикселей изображения.
- ☐ Построение выделенной области в форме правильной геометрической фигуры — прямоугольника, эллипса, квадрата, круга. Форма создаваемой области выбирается параметрически, ее размеры — параметрически или интерактивно, местоположение — чаще всего интерактивно (с помощью специального инструмента).
- ☐ Построение выделенной области, граница которой представляет собой ломаную или кривую замкнутую линию. Местоположение узлов линии и форма сегментов кривой задается с помощью интерактивных инструментов. Обычно замыкания линии границы строящейся выделенной области не требуется — оно выполняется автоматически добавлением замыкающего прямолинейного сегмента.
- ☐ Построение выделенной области по критерию совпадения цвета пикселей с заданным образцом. В этом случае задаются эталонный цвет, тип связности области и допуск — величина, определяющая возможное отклонение цвета пикселя от эталонного цвета. Чаще всего эталонный цвет указывается интерактивно по единичному пикселу или по усредненным цветовым параметрам смежной группы пикселей изображения.

Отображение выделенной области

Адекватное отображение выделенной области на изображении — непростая задача, поскольку требуется не только обозначить местоположение ее границы, но и дать пользователю наглядное представление о степени выделенности входящих в нее пикселей. В современных графических редакторах чаще всего используются упрощенные способы отображения выделенной области.

Первый из них предполагает обозначение границы выделенной области статичной или анимированной пунктирной линией (получившей образное название "марширующие муравьи"). На рис. 3.5.2 представлены три примера выделенных областей, отображенных таким способом.

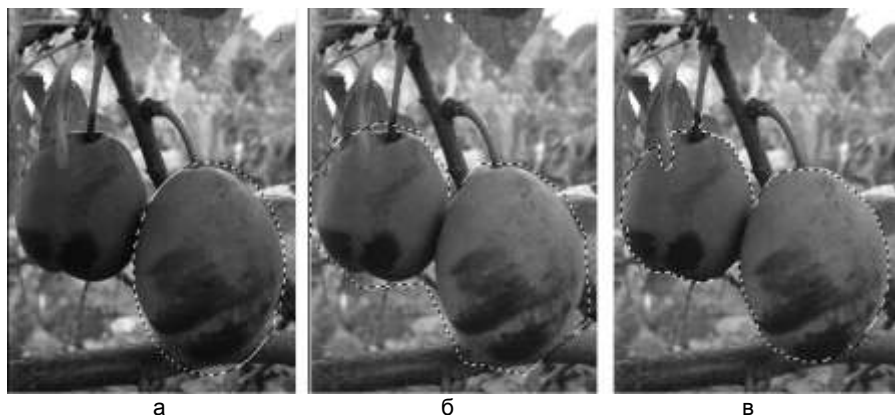


Рис. 3.5.2. Выделенные области: *а* — по форме эллипса; *б* — по форме ломаной линии; *в* — по форме кривой линии

Основной недостаток такого способа отображения выделенной области — он не дает наглядного представления о степени выделенности пикселей построенной области. Для случаев, когда степень выделенности равна 100% для всех пикселей, этот недостаток не проявляется, но такому условию удовлетворяют далеко не все выделенные области.

ПРИМЕЧАНИЕ

В отдельных графических редакторах пиксельных изображений (в частности, во всех версиях Adobe Photoshop) пунктирная линия строится не по границе выделенной области, а по линии, на которой располагаются пиксеты со степенью прозрачности <50%. При этом для выделенной области, целиком состоящей из пикселей со степенью прозрачности >50%, пунктирная линия будет отсутствовать.

Для устранения этого недостатка применяется второй метод отображения выделенной области — так называемая *быстрая маска*. Понятие маски и приемы построения и применения масок подробнее рассмотрены в разд. 3.5.4. Здесь отметим только, что в этом случае степень выделенности пикселей изображения визуальнo показывается с помощью величины прозрачности вспомогательного монохромного изображения.

К сожалению, и этот метод не лишен существенных недостатков. Он ухудшает видимость изображения (особенно той части, которую составляют не вошедшие в выделенную область пиксeлы). Появление дополнительного изображения также может нарушать цветoвое визуальное восприятие основного.

3.5.3. Модификация выделенной области

При решении многих задач, возникающих в процессе графического проектирования, выделенную область не удается построить в один прием. Более того, это не всегда желательно — если при построении выделенной области в один прием пользователь совершил неправильное действие, его отмена приведет к необходимости строить область заново. Если же выделенная область строилась как результат последовательного применения методов (возможно, различных), то отмена одной ошибочной операции не потребует значительных повторных усилий.

Наиболее распространенные операции, изменяющие ранее построенную выделенную область:

- ☐ трансформация;
- ☐ логические операции;
- ☐ сжатие и расширение;
- ☐ сглаживание границы;
- ☐ растушевка.

Трансформация выделенной области

Среди операций трансформации выделенной области чаще всего применяют:

- ☐ перенос;
- ☐ масштабирование;
- ☐ поворот;
- ☐ скос.

По своей сути все перечисленные операции представляют собой преобразование формы границы выделенной области, при котором некоторые выделенные пиксели могут выйти из состава выделенной области, а другие (ранее не выделенные) — войти в нее. Сами операции трансформации имеют характер преобразования векторных объектов (линий). Они достаточно подробно рассматривались в *разд. 2.6.2, 2.6.6, 2.6.8 и 2.6.9*.

Логические операции над выделенными областями

Во многих случаях будущая выделенная область может быть достаточно замысловатой формы, со сложным распределением степеней выделенности отдельных пикселей. Тогда целесообразно строить ее поэтапно. Например, базовую форму границы области можно определить с помощью построения связной области по цвету пикселей. Затем, увеличив масштаб отображения графического документа, добавить отдельные части изображения в выделенную область как области, ограниченные замкнутой линией. Тем же методом можно вывести из состава выделенной области ошибочно включенные в нее части.

Чтобы сделать возможной такую поэтапную работу, в составе методов построения выделенной области обычно имеются логические операции, которые выполняются над двумя множествами пикселей выделенной области: ранее построенной и построенной в результате действия пользователя. В состав логических операций входят:

- ❑ Объединение — новая выделенная область составляется из пикселей, входящих в состав ранее построенной выделенной области, к которым добавляются пиксели из вновь построенной области.
- ❑ Исключение — новая выделенная область составляется из пикселей, входивших в состав ранее построенной, но не в состав вновь построенной выделенной области.
- ❑ Пересечение — новая выделенная область составляется из пикселей, входивших в состав как ранее, так и вновь построенной выделенной области.

Эти операции достаточно подробно описаны в *разд. 2.3.6*, там же приведены примеры их применения. Здесь же отметим, что логические операции могут выполняться в явном виде, но чаще реализуются как заранее задаваемые режимы работы инструментов, с помощью которых строятся выделенные области.

Сжатие и расширение выделенной области

Методы сжатия и расширения выделенной области сдвигают ее границу в направлении нормали к каждой из ее точек на параметрически заданное число пикселей (рис. 3.5.3).

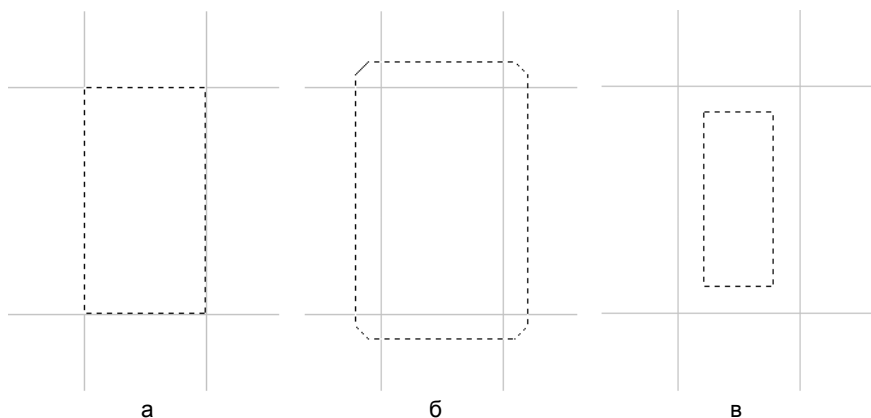


Рис. 3.5.3. Расширение и сжатие выделенной области: *а* — исходная выделенная область; *б* — расширение выделенной области на 10 пикселей; *в* — сжатие выделенной области на 10 пикселей

При выполнении операций расширения и сжатия выделенной области возможны искажения формы ее границы, причем в зависимости от формы они могут наблюдаться либо только при расширении (как на рис. 3.5.3), либо только при сжатии, либо в том и в другом случаях.

Если расширению или сжатию подвергается выделенная область с переменными степенями выделенности пикселей, то распределение степени выделенности пикселей в зоне, примыкающей к границе, на ширину смещения границы, сохраняется.

Сглаживание границы выделенной области

Сглаживание границы выделенной области — очень важный прием, позволяющий замаскировать зазубренность наклонных линий и границ в пиксельном изображении.

ПРИМЕЧАНИЕ

В отдельных источниках и локализованных версиях программных средств пиксельной графики этот прием называется "антиалиасинг". Этот термин представляет собой транслитерацию соответствующего английского термина *anti-aliasing*.

Сглаживание может выполняться при построении выделенной области инструментами, с помощью которых задается конфигурация ее границы.

При построении выделенной области без сглаживания пиксеты, через которые проходит построенная граница, либо включаются в выделенную область, либо не включаются (т. е. степень выделенности пиксета может быть 100% или 0%). Сглаживание достигается за счет того, что все пиксеты, через которые проходит граница построенной выделенной области, включаются в нее. При этом им назначается степень выделенности, пропорциональная площади той части пиксета, которая располагается внутри этой границы. На рис. 3.5.4 представлены отличия в построении выделенной области без сглаживания и со сглаживанием.

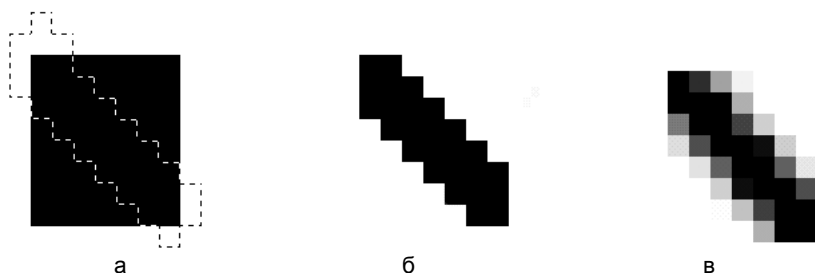


Рис. 3.5.4. Влияние сглаживания при построении выделенной области:

- а — граница выделенной области до спрямления;
- б — выделенная область без сглаживания;
- в — выделенная область со сглаживанием

ПРИМЕЧАНИЕ

При построении рис. 3.5.4 после формирования выделенной области ее содержимое копировали в системный буфер обмена, а затем переносили на отдельный слой с однородной заливкой белым цветом. При этом пикселям с неполной степенью выделенности соответствуют оттенки монохромной шкалы — чем меньше выделенность, тем светлее оттенок. Несмотря на то, что цвет пиксета, скопированного в системный буфер, 100%-ный черный, при неполной степени выделенности, например 40%, вставка такого пиксета будет сопровождаться назначением ему степени прозрачности $100 - 40 = 60\%$. На белом фоне такой пиксел будет выглядеть как имеющий заливку 40%-ным оттенком черного цвета.

Если при работе тем или иным инструментом построения выделенной области включен режим сглаживания, то построенная граница спрямляется на наклонных участках, выполняется анализ соотношения площадей частей, на которые граница делит пиксеты, через которые она проходит и, в соответствии с его результатом, пикселям назначается степень выделенности.

Визуально режим проявляется как некоторое размытие границы областей с контрастными заливками, и сглаживание ее траектории. В практике графического проектирования сглаживание часто применяют для выделения фрагментов пиксельных изображений, предназначенных для переноса на новое место. Для экранных приложений этого вполне хватает. Однако при больших разрешениях изображений, предназначенных для печати, сглаживания оказывается недостаточно — границы вставленных фрагментов все равно выглядят слишком резкими. В этих случаях пользуются растушевкой выделенной области.

Растушевка границы выделенной области

Растушевкой (feathering) или *размытием* называется модификация выделенной области таким образом, чтобы вдоль ее границы располагалась полоса пикселей, в которой степень выделенности снижалась бы до 0% в направлении от середины выделенной области к ее краю. В отличие от сглаживания, при растушевке пользователь может задавать ширину полосы спада степени выделенности пикселей выделенной области — радиус растушевки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Как правило, радиус растушевки численно равен половине ширины полосы спада, но в некоторых графических редакторах это значение на 30% меньше ширины полосы спада.

На рис. 3.5.5 представлено исходное изображение — белый эллипс на черном фоне. Выделенную область построили так, что ее граница совпала с краем белого эллипса, а степень выделенности всех ее пикселей равна 100%. Содержимое выделенной области скопировали в буфер обмена, а затем вставили на прозрачный фон (рис. 3.5.5, б). Затем выделенную область растушевали с радиусом 5 пикселей, ее содержимое скопировали в буфер обмена, а затем вставили на прозрачный фон (рис. 3.5.5, в).

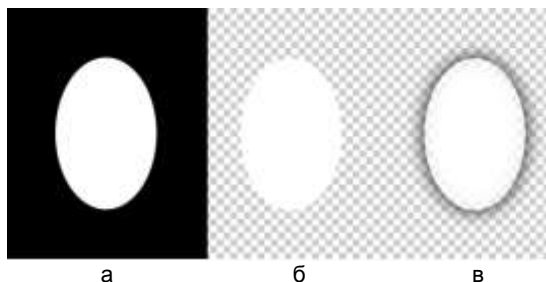


Рис. 3.5.5. Растушевка выделенной области: а — исходное изображение с границей выделенной области по краю белого эллипса; б — содержимое выделенной области без растушевки; в — содержимое выделенной области с растушевкой

На рис. 3.5.5, в хорошо видно, как степень прозрачности вставленных пикселей возрастает до 100% по мере удаления от центра эллипса в полосе, заданной радиусом размывания.

Приемы сглаживания и растушевки используются не только применительно к выделенным областям, но и к инструментам рисования.

3.5.4. Маски и маскирование.

Альфа-каналы

В предыдущем разделе были рассмотрены методы построения выделенной области. Поскольку они могут комбинироваться в любой последовательности в зависимости от того, насколько сложна необходимая для дальнейшей работы выделенная область, операция ее построения может быть весьма трудоемкой. Особенно это заметно, когда необходимо построить выделенную область с разными степенями выделенности различных пикселей. Для упрощения этих действий во многих графических редакторах пиксельных изображений имеется арсенал инструментов и методов работы с масками. Они и рассматриваются в этом разделе вместе с аппаратом альфа-каналов, позволяющим сохранять построенные маски в составе графического документа для последующего использования.

Понятие маски

Маска — монохромное изображение вспомогательного назначения, предназначенное для снижения трудоемкости построения выделенной области сложной формы или со сложным распределением степени выделенности пикселей. Маски могут также применяться для управления степенью прозрачности пикселей изображения. Такое вспомогательное изображение строится с применением всего арсенала работы с монохромными изображениями (см. разд. 3.6.2). Но далее построенная маска используется не как часть изображения, а как инструмент, назначение которого зависит от метода ее использования. В силу этого все программные средства, позволяющие работать с масками, имеют два режима редактирования — редактирование маски и редактирование основного изображения.

Маска представляет собой графический эквивалент выделенной области. Ее размеры совпадают с размерами основного пиксельного изображения графического документа. В момент преобразования маски в выделенную область последняя строится так, что степень выделенности каждого из пикселей основного изображения численно равна 100% (оттенок черного цвета

монохромной шкалы заливки пиксела маски с теми же координатами в растре). Например, выбор в качестве маски репродукции картины Малевича "Черный квадрат" приведет к построению выделенной области во все изображение с отверстием квадратной формы посередине.

Чтобы при построении маски пользователь мог сопоставлять ее основному изображению, маску обычно строят на слое со степенью прозрачности 50% (рис. 3.5.6).

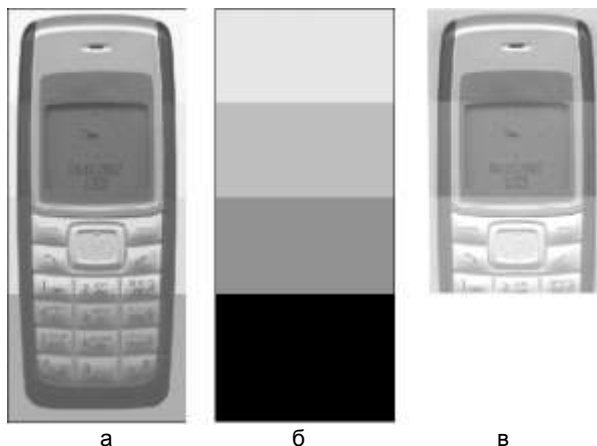


Рис. 3.5.6. Построение выделенной области с помощью маски:
 а — маска на слое 50% прозрачности; б — маска на слое 0% прозрачности;
 в — содержимое области выделения, построенной по маске

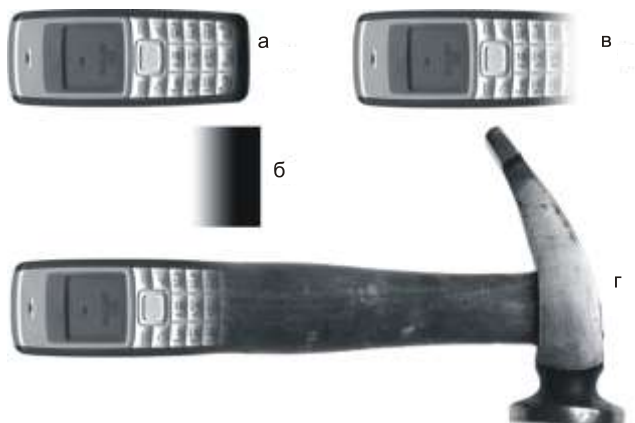


Рис. 3.5.7. Пример применения градиентной маски: а — исходное изображение;
 б — градиентная маска; в — содержимое выделенной области; г — то же содержимое,
 размещенное на слое, расположенном поверх слоя с изображением молотка

На рис. 3.5.6, *а* маска состоит из четырех прямоугольников с заливкой оттенками черного 10, 25, 50 и 100% (рис. 3.5.6, *б*). Содержимое построенной по этой маске выделенной области представлено на рис. 3.5.6, *в*.

На рис. 3.5.7 представлен пример градиентной маски с плавным переходом цвета. Построенная по этой маске выделенная область с плавно нарастающей слева направо прозрачностью дала возможность плавно соединить два объекта.

Совместное применение многослойных изображений и масок позволяет очень гибко и эффективно составлять сложные изображения из отдельных частей других пиксельных изображений, маскируя их стыки.

Альфа-каналы

В практике графического проектирования довольно часто приходится работать со сложными масками, применяя их для нескольких операций редактирования. Чтобы не создавать маску каждый раз заново, во многих форматах графических документов предусмотрена возможность их запоминания с последующей загрузкой для дальнейшего использования. Для хранения масок служат альфа-каналы.

Альфа-канал — вспомогательное монохромное изображение в составе пиксельного графического документа, предназначенное для хранения маски. Условно можно считать альфа-канал специальным слоем, не участвующим в рендеринге.

ПРИМЕЧАНИЕ

Альфа-каналы можно сохранять в форматах файлов редакторов пиксельных изображений, а также в некоторых универсальных графических форматах, например, TIFF (см. разд. 3.3.5).

Основные специфические методы альфа-каналов:

- ❑ создание выделенной области из альфа-канала;
- ❑ создание альфа-канала из выделенной области;
- ❑ выполнение логической операции над выделенной областью и маской, сохраненной в альфа-канале, с модификацией выделенной области или сохранением результата операции в альфа-канале.

Хранящуюся в альфа-канале маску можно изменять всеми методами и приемами редактирования монохромных изображений.

На рис. 3.5.8 приведен пример использования альфа-каналов. В работе над рекламным графическим проектом потребовалось раскрасить приведенные на рис. 3.5.8, *а* белые соцветия выюнка в различные цвета (рис. 3.5.8, *б*).

Поскольку оттенки не были заданы заранее (их требовалось подбирать), возникла необходимость в многократном построении выделенных областей, соответствующих отдельным цветкам.

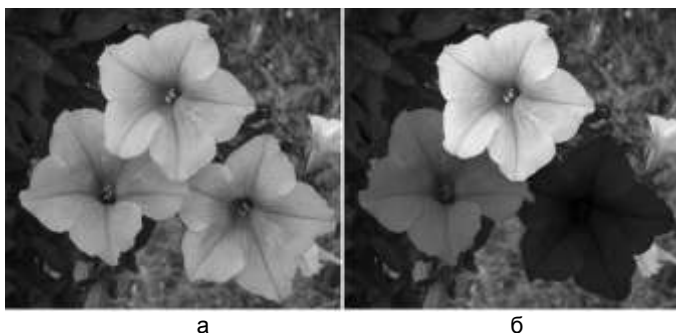


Рис. 3.5.8. Пример применения масок, сохраненных в альфа-каналах:
а — исходное изображение; *б* — один из вариантов раскрашивания изображения

С помощью методов построения выделенной области поочередно построили (и сохранили в отдельных альфа-каналах) маски, соответствующие выделенным областям, изолирующим от остального изображения отдельные цветки (рис. 3.5.9, *а*).

При последующей работе операция выделения нужного цветка сводилась к загрузке требуемой маски из соответствующего альфа-канала. Впоследствии к индивидуальным маскам цветков добавили общую маску, полученную их сложением в новом альфа-канале с последующим размытием края для смягчения краев выделенной области (рис. 3.5.9, *б*).

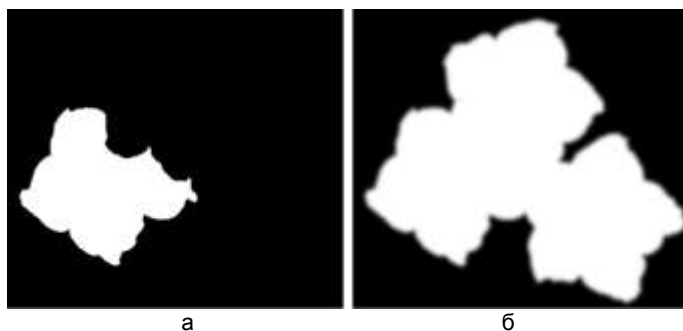


Рис. 3.5.9. Маски, сохраненные в альфа-каналах:
а — маска, соответствующая выделенной области, изолирующей левый нижний цветок;
б — маска с размытым краем, выделяющая все три цветка одновременно

Маски слоя

Маски, сохраненные в альфа-каналах, не имеют связи с тем или иным слоем пиксельного изображения. При загрузке альфа-канала хранящаяся в нем маска преобразуется в выделенную область, которой можно воспользоваться при работе с изображением, расположенным на любом из слоев. Для этого достаточно сделать этот слой активным после загрузки альфа-канала. При всей универсальности такого способа часто приходится иметь дело с масками, предназначенными для работы с конкретным слоем. В этом случае требуется не построить выделенную область (определяющую специфику последующего редактирования), а замаскировать, скрыть полностью или частично отдельные пиксели слоя (что определяет специфику только рендеринга — для редактирования все замаскированные пиксели остаются в полной мере доступными). Маскирование слоев выполняется с помощью специальных масок слоя.

Маска слоя — вспомогательное монохромное изображение, маска, определяющая степень дополнительной прозрачности пикселей слоя при рендеринге. Маска слоя всегда воздействует на один слой пиксельного изображения. Маски слоя, как и обычно, хранятся в альфа-каналах, но кроме методов, общих для альфа-каналов, у масок слоя имеются специфические:

- ☐ создание (как правило, маска слоя создается из выделенной области);
- ☐ удаление;
- ☐ активизация и отмена маскирования (включение и отключение маскирования без воздействия на саму маску слоя);
- ☐ связывание и отмена связывания маски слоя с изображением слоя (при необходимости изображения маски и маскируемого ею слоя можно смещать относительно друг друга или связывать как отдельные слои, см. *разд. 3.4.1*);
- ☐ растеризация (изображение на слое заменяется своей замаскированной версией, после чего маска слоя удаляется).

На рис. 3.5.10 представлен пример применения маски слоя в графическом проекте. Имеются два изображения: старинной тарелки с портретом и фотография памятника, которую необходимо поместить на тарелку вместо портрета так, чтобы край виньетки плавно сливался с фоном.

Последовательность операций редактирования:

1. На исходном изображении (рис. 3.5.10, *а*) строят выделенную область в форме эллипса, захватывая центральную часть тарелки с портретом.
2. Выделенную область растушевывают с радиусом, обеспечивающим желаемую ширину зоны нарастания прозрачности.



Рис. 3.5.10. Применение маски слоя

3. Фотографию помещают на слой, расположенный над слоем с изображением тарелки (рис. 3.5.10, б).
4. Выделенную область преобразуют в маску этого слоя (рис. 3.5.10, в).
5. Перемещая слой с фотографией памятника, подбирают его размещение относительно виньетки (рис. 3.5.10, г).
6. При необходимости слой и слой-маску связывают и совместно перемещают до достижения желаемого расположения на тарелке поверх портрета.

На использовании маски слоя создано много приемов редактирования пиксельных изображений. В некоторых редакторах можно даже совместно применить две маски к одному слою.

Макетные группы

В отдельных случаях требуется, чтобы действие маски распространялось не на один, а сразу на несколько слоев. Для решения этой задачи некоторые редакторы пиксельной графики предоставляют механизм макетных групп.

Макетная группа — совокупность смежных слоев многослойного графического документа, на которые распространяется действие одной и той же маски. Как правило, для хранения маски макетной группы предназначается нижний из ее слоев — так называемый *базовый слой* или *слой-маска*. Степень прозрачности пиксела слой-маски определяет прозрачность расположенных над ним пикселей всех остальных слоев макетной группы.

ПРИМЕЧАНИЕ

Не следует путать маску слоя со слой-маской — последняя присутствует только в составе макетных групп.

Специфические методы макетной группы:

- ☐ создание (из нескольких выделенных слоев);
- ☐ разрушение (с появлением нескольких независимых слоев).

К слоям, входящим в состав макетной группы, применимы и все неспецифические методы слоев, за исключением того, что переставлять их в стопке можно только в пределах макетной группы.

Список новых терминов

- ☐ Выделенная область
- ☐ Степень выделенности
- ☐ Граница выделенной области
- ☐ Связная выделенная область
- ☐ Несвязная выделенная область
- ☐ Быстрая маска
- ☐ Сглаживание границы выделенной области
- ☐ Растушевка
- ☐ Размытие
- ☐ Маска
- ☐ Альфа-канал
- ☐ Маска слоя
- ☐ Макетная группа
- ☐ Базовый слой макетной группы
- ☐ Слой-маска

Контрольные вопросы

1. Чем обусловлена важность операций построения выделенной области при редактировании пиксельных изображений?
2. Как выделенная область влияет на выполнение операций редактирования?
3. Для чего необходимо отображение границы выделенной области?
4. Чем различаются связная и несвязная выделенные области?
5. Для какой цели можно использовать неполную степень выделенности пикселей, входящих в выделенную область?
6. Каковы основные методы первичного построения выделенной области?
7. Каковы основные недостатки метода отображения границы выделенной области в виде пунктирной линии?

8. Как можно отобразить выделенную область с помощью монохромного изображения?
9. Какие методы используются для изменения выделенной области?
10. Какие операции относятся к группе трансформации выделенной области?
11. Как выполняются логические операции над выделенными областями?
12. В каком направлении выполняется сжатие и расширение выделенной области?
13. В чем состоит сглаживание границы выделенной области?
14. Чем растушевка границы выделенной области отличается от ее сглаживания?
15. Что представляет собой маска?
16. Для чего предназначены маски?
17. Может ли в результате редактирования маски измениться вид итогового изображения?
18. С какой целью маски строятся на полупрозрачных слоях?
19. Каково назначение градиентных масок?
20. Что общего у альфа-канала и слоя?
21. Каковы специфические методы альфа-каналов?
22. Чем маска слоя отличается от маски, хранящейся в альфа-канале?
23. Каковы специфические методы маски слоя?
24. Как устроена макетная группа?
25. Чем слой-маска отличается от маски слоя?

Темы для обсуждения

1. Инструменты для построения выделенной области.
2. Изобразительные возможности масок.
3. Изобразительные возможности маски слоя.
4. Изобразительные возможности макетных групп.

3.6. Базовая техника работы с пиксельными изображениями

Содержание операций редактирования, выполняющихся над пиксельными изображениями в процессе графического проектирования, определяется несколькими факторами: назначением проекта, спецификой используемых изображений, особенностями применяемых программных средств, стилем работы пользователя. Как следствие, четких рекомендаций по работе над пиксельными изображениями дать нельзя. Однако имеются общие задачи, которые приходится решать независимо от сочетания перечисленных факторов.

В этой главе рассматриваются типовые технологические циклы и основные операции обработки штриховых, монохромных и полноцветных изображений. Эти приемы рассмотрены в самом общем виде, поскольку методы, их реализующие, в различных программных средствах сильно отличаются друг от друга.

3.6.1. Штриховые изображения

Штриховые изображения отличаются от прочих упрощенной цветовой моделью (это просто линии и точки одного цвета на сплошном фоне другого цвета). Но они встречаются во многих графических проектах.

Рисование и стирание

Задача выбора оттенков при работе со штриховыми изображениями не возникает. Практически во всех графических редакторах пиксельного изображения цвета штриховой модели задаются по умолчанию: для переднего плана — черный, для фона — белый.

ПРИМЕЧАНИЕ

Исключение составляют программные средства, входящие в состав пакета CorelDRAW Graphics Suite — они позволяют указывать для переднего плана и фона произвольные ахроматические и хроматические цвета.

Формирование штрихового изображения осуществляется в процессе:

- ☐ сканирования;
- ☐ заливки выделенной области цветом переднего плана или фона;
- ☐ преобразования из монохромного изображения методом тоновой отсечки;
- ☐ работы инструментами рисования и стирания.

Большинство сканеров позволяют получать изображение с преобразованием в штриховую модель цвета. Как показано в *разд. 3.1.4*, разрешение сканирования при этом должно быть равным аппаратному разрешению печатающего устройства, на котором предполагается воспроизводить штриховое изображение. Но на практике этот режим сканирования практически не применяется. Причина — невозможность редактировать штриховое изображение:

- ☐ поворот возможен только на угол, кратный 90°;
- ☐ бóльшая часть операций над пиксельным изображением связана с изменением цвета пикселей, в штриховой модели эти операции не определены;
- ☐ фильтры эффектов неприменимы;
- ☐ штриховое изображение всегда состоит только из одного слоя.

В силу перечисленных причин при сканировании штриховых оригиналов обычно получают монохромное изображение и преобразуют его в штриховое лишь после дополнительной обработки (*см. далее*).

Методы построения выделенной области для штрихового изображения ограничиваются построением границы заранее заданной или произвольной формы с помощью соответствующих инструментов. Понятие степени выделенности пикселя для штрихового изображения не определено — пиксели могут либо входить в выделенную область, либо не входить в нее.

Рисованием в компьютерной графике называется изменение цвета пикселей изображения с помощью того или иного средства из группы инструментов рисования. Процедура рисования состоит из последовательных этапов:

- ☐ выбора инструмента;
- ☐ настройки режима его работы;
- ☐ выбора цвета штриха;
- ☐ нанесения последовательности штрихов с помощью интерактивного инструмента.

В разных программах пиксельной компьютерной графики арсеналы инструментов рисования различны. Их число может колебаться от трех (MS Paint) до сотни и более (Corel Painter). На *рис. 3.6.1* представлены штрихи, выполненные тремя различными инструментами.



Рис. 3.6.1. Штрихи, выполненные различными кистями

Настройка режима работы инструмента состоит в определении значений управляющих параметров. Как правило, заданные параметры запоминаются, и для выполнения последующих серий штрихов тем же инструментом его нет необходимости настраивать заново. На рис. 3.6.2 представлено несколько штрихов одним и тем же инструментом при различных сочетаниях управляющих параметров.



Рис. 3.6.2. Влияние управляющих параметров настройки инструмента на внешний вид штриха

Набор параметров, управляющих режимом работы инструмента рисования, сильно зависит от программы редактирования пиксельного изображения. Приведем список только самых употребительных групп таких параметров:

- ☐ форма и размер пишущей части инструмента рисования;
- ☐ изменение формы инструмента по мере нанесения штриха;
- ☐ размещение отпечатков пишущего инструмента в штрихе;
- ☐ добавление шума в штрих;
- ☐ текстура штриха;
- ☐ изменение цвета по мере нанесения штриха.

ПРИМЕЧАНИЕ

В графическом редакторе Adobe Photoshop панель настройки пишущего инструмента насчитывает 12 вкладок, на которых расположено более 150 элементов управления.

Установка цвета штриха при работе со штриховым изображением сводится к выбору между цветами переднего плана и фона.

Нанесение штрихов выполняется настроенным инструментом с помощью мыши или планшетного устройства.

Поскольку в штриховом изображении не используется прозрачность пикселей, стирание сводится к рисованию фоновым цветом.

Тоновая отсечка

Тоновой отсечкой называется метод преобразования монохромного изображения в штриховое. Операция выполняется следующим образом:

1. Задается пороговое значение оттенка базового цвета монохромного изображения.
2. Все пиксели монохромного изображения поочередно сравниваются с пороговым значением оттенка.
3. В пикселях, значение оттенка которых превышает порог, цвет заменяется на 100%-ный оттенок цвета переднего плана.
4. В остальных пикселях устанавливается цвет фона.

Отметим, что после преобразования отсечкой тона графический документ по-прежнему использует монохромную цветовую модель. Чтобы сменить цветовую модель на штриховую, требуется отдельная операция.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если преобразовать цветовую модель, не проделав предварительно операцию тоновой отсечки, последняя будет выполнена неявно, причем по умолчанию будет установлен порог 50%. Такой вариант не дает возможности подобрать наиболее подходящий пороговый уровень (см. разд. 3.9.4).

Технологический цикл для штриховых изображений

Полный цикл работы со штриховым изображением состоит из следующих этапов:

- ☐ Сканирование с учетом масштабирования
- ☐ Выпрямление и кадрирование
- ☐ Улучшение четкости изображения
- ☐ Тоновая отсечка
- ☐ Преобразование в штриховую цветовую модель

Как уже отмечалось, сканирование и обработку штрихового изображения удобнее проводить в монохромной цветовой модели. Наилучший результат сканирования достигается при равенстве размеров пиксела изображения и минимальной точки печатающего устройства, на которое предполагается вывод. При необходимости увеличения или уменьшения оригинала следует в той же степени увеличить или уменьшить разрешающую способность при сканировании.

Из этого общего правила есть два исключения. Первое связано с выводом на фотонаборный автомат. У устройств этого класса огромное аппаратное разрешение вывода, намного перекрывающее порог визуального смыкания. В таких проектах не рекомендуется строить информационную модель штрихового изображения с разрешением выше 1200 ppi. Это приведет только к неоправданному увеличению размера файла графического документа, поэтому сканировать следует с разрешающей способностью 1200 spi.

Второе исключение касается штриховых изображений, предназначенных для использования в онлайн-приложениях и экранных презентациях. В этом случае рекомендуется сканировать изображение с разрешающей способностью 90 spi и не преобразовывать его к штриховой модели в конце технологического цикла. Из-за большого размера пикселей экрана монитора наклонные черные линии штрихового изображения всегда отображаются с видимыми зуббинами. В монохромном изображении это нежелательное явление можно замаскировать за счет сглаживания (см. разд. 3.5.2) или размытия.

Отсканировать оригинал таким образом, чтобы его горизонтальные линии оставались такими же на изображении, практически невозможно. Поэтому после сканирования изображение обычно требуется немного развернуть. Для этого можно воспользоваться командами и инструментами трансформации содержимого выделенной области, функционально не отличающимися от аналогичных средств векторных редакторов (см. разд. 2.6.6–2.6.10).

Развернутое изображение необходимо обрезать по краям, вернув им вертикальность или горизонтальность. Чтобы эта операция была успешной, при сканировании следует предусмотреть наличие полей вокруг сканируемого изображения.

Четкость изображения улучшают приемом коррекции контурной резкости, описанным в одноименном подразделе разд. 3.6.2. При этом нужно так подобрать управляющие параметры, чтобы пропал визуальный шум, но не исчезли детали ни в светах, ни в тенях.

Тоновую отсечку следует, по мере возможности, выполнять с помощью корректирующего слоя (см. разд. 3.4.1). Это даст возможность более удобно

настраивать желаемый пороговый уровень тоновой отсечки. Критерий подбора порогового уровня — в светах отдельные штрихи изображения не должны распадаться на точки, а в тенях — сливаться в сплошные черные пятна.

Преобразование графического документа в штриховую модель цвета позволяет уменьшить его размер в 8 раз и гарантирует, что при дальнейшей обработке (которая, кстати, крайне нежелательна) в изображении не появятся промежуточные оттенки черного цвета.

В некоторых случаях из технологического цикла работы со штриховыми изображениями выпадает операция сканирования. Так получается, когда при проектировании необходимо воспользоваться готовыми графическими документами со штриховыми изображениями. Если их размеры потребуется увеличить, неизбежно превращение каждого пиксела в видимый квадрат, что проявляется в заметном зазубривании наклонных линий. В такой ситуации рекомендуется:

1. Преобразовать штриховое изображение к монохромной цветовой модели.
2. Увеличить размеры раstra в пикселах в 2, 3 или 4 раза.
3. Применить размытие изображения с радиусом размытия 0,4–0,6 пиксела. Точное значение подбирают так, чтобы оно было минимальным, но обеспечивало сглаживание краев и границ между пикселами исходного раstra.
4. По описанной ранее схеме выполнить выпрямление, обрезку и улучшение четкости.
5. Установить необходимое разрешение при выводе.
6. Преобразовать изображение к штриховой модели цвета.

3.6.2. Монохромные изображения. Тоновая коррекция

Монохромные изображения играют исключительно важную роль в пиксельной компьютерной графике. Это обусловлено тем, что современная полиграфия основана на воспроизведении именно монохромных изображений, последовательно печатаемых на общем носителе в несколько красок. При подготовке многоцветного изображения к печати офсетным методом оно преобразуется в несколько монохромных изображений, каждое из которых соответствует деленной форме (см. разд. 3.3.11 и 3.11.4). Подавляющее большинство приемов работы с монохромными и полноцветными изображениями аналогичны.

В этом разделе рассматриваются основные приемы работы с монохромными изображениями, среди которых наиболее важна процедура тоновой коррекции.

Рисование и стирание

Рисование и стирание при работе с монохромными и штриховыми изображениями существенно различаются. Это обусловлено двумя основными причинами:

- ❑ монохромные изображения могут быть многослойными;
- ❑ пиксеты монохромного изображения могут обладать прозрачностью, степень которой для разных пикселей может быть различной.

К методам построения выделенной области для штриховых изображений добавляются методы, отбирающие в выделенную область пиксеты по критерию соответствия оттенка базового цвета монохромной шкалы заданному образцу. Для монохромного изображения пиксеты, входящие в выделенную область, могут иметь степень выделенности в диапазоне от 1 до 100%, построение таких выделенных областей выполняется с помощью масок, приемы работы с которыми описаны в *разд. 3.5.4*.

При выполнении заливки выделенной области монохромного изображения параметр модели цвета для каждого пиксела рассчитывается с учетом оттенка цвета, используемого для заливки, и степени выделенности пиксела. Численно оттенок цвета пиксела получается равным произведению этих двух чисел. Например, при заливке 80%-ным оттенком черного области, в которой степень выделенности пикселей составляет 50%, в их дескрипторы цвета будет записано значение оттенка цвета равное 40%.

Для рисования применяются те же инструменты, что для штриховых изображений, только настройка режимов их работы выполняется при большем числе параметров. Добавляются группы параметров, управляющих:

- ❑ прозрачностью мазка (*см. разд. 3.4.3*);
- ❑ сглаживанием края мазка (*см. разд. 3.5.2*);
- ❑ размытием края мазка (*см. разд. 3.5.2*);
- ❑ режимом наложения мазка на слой (*см. разд. 3.4.2*).

Стирание в монохромном изображении выполняется в зависимости от того, как расположен в стопке слой, на котором находится стираемое изображение. Если этот слой — нижний в стопке слоев, то стирание равнозначно рисованию фоновым цветом. Если слой со стираемым изображением расположен выше, стирание эквивалентно повышению степени прозрачности пикселей, на которые воздействует стирающий инструмент. Кроме того, инструмент

стирания может настраиваться на различные режимы работы так же, как инструмент рисования. В частности, может задаваться степень прозрачности мазка стирающим инструментом. Например, при стирании на нижнем слое однородной заливки 80%-ным оттенком черного цвета с помощью стирающего инструмента с прозрачностью мазка 10% после нанесения первого штриха оттенок заливки примет значение 72% после второго — 65%, после третьего — 58% (каждый раз тон оттенка уменьшается на 10%).

Если та же операция будет проводиться на втором снизу слое, то оттенок заливки после штриха останется тот же (80%), но прозрачность пикселей, вошедших в зону мазка, увеличится на 10%.

Преобразование из цветного изображения

Простейший способ преобразования цветного пиксельного изображения в монохромное — изменение цветовой модели. В этом случае исходное изображение преобразуется из любой полноцветной модели цвета в модель Lab (см. разд. 1.3.8), а затем каждый из пикселей создаваемого монохромного изображения получает заливку оттенком черного, численно равным 100% (L). Однако этот метод не позволяет влиять на распределение тонов монохромного изображения — все выполняется без вмешательства пользователя.

Более эффективен в практике креативного графического проектирования метод *микширования каналов цвета*. В этом случае значение параметра цвета черного канала вычисляется по формуле

$$K = aR + bG + cB, \quad a + b + c = 100\%. \quad (3.6.1)$$

Коэффициенты a , b и c пользователь может подбирать для каждого конкретного случая.

Тоновая коррекция

Тоновая коррекция — изменение тона пикселей изображения так, чтобы их распределение в динамическом тоновом диапазоне соответствовало желаемому. Приемы тоновой коррекции — один из основных методов работы с пиксельными изображениями. Поэтому соответствующие методы и реализующие их средства пользовательского интерфейса имеются во всех программных средствах пиксельной графики. Основные инструменты для работы с тонами:

- ☐ гистограмма тонов;
- ☐ коррекция тонов по уровням;
- ☐ коррекция тонов по градационной кривой.

Тоновая коррекция — это не просто увеличение светлоты или затемнение. Такое воздействие на изображение равномерно по всей площади. При этом яркость и контрастность одинаково изменяются во всех пикселах — и там, где это требуется, и там, где это не обязательно, и там, где этого нельзя делать. Например, при увеличении светлоты изображения так, чтобы 10%-ные оттенки черного стали белыми, в качестве нежелательного эффекта 100%-ные оттенки черного станут 90%-ными оттенками, и тени поблекнут, утрачивая контрастность. Исправляя одно, одновременно портим другое.

Коррекция светлоты и контраста изображения в целом ведет к следующим дефектам:

- ❑ "плоское" изображение с недостаточным контрастом;
- ❑ слишком темные отпечатки изображения;
- ❑ деградация в светах (вместо блика с деталями появляется яркое белое пятно);
- ❑ деградация в тенях (в тенях исчезают детали, и они превращаются в черные "кляксы").

Этих недостатков обработки можно избежать, воспользовавшись вместо смещения тонов (изменения светлоты) их перераспределением — тоновой коррекцией.

Тон и тоновый диапазон

В компьютерной графике термин "тон" трактуют несколько иначе, чем в традиционной художественной практике — как видимую светлоту пиксела. Чаще всего под *тоном* понимают характеристику пиксела, численно равную значению одного из параметров цветовой модели, задействованной при создании изображения. В монохромной модели цвета параметр только один, поэтому при работе с монохромными изображениями значение тона соответствует оттенку черного цвета. Значение тона 0 соответствует оттенку 100% (черный цвет), 255 — оттенку 0% (белый цвет).

Полная совокупность тонов, допустимая в цветовой модели изображения, называется *полным тоновым диапазоном*. В монохромном изображении это полный диапазон градаций черного цвета (256 тонов). В полноцветном изображении тоновые диапазоны определяются по светлоте композитного изображения или отдельно по цветовым каналам (см. разд. 3.4.4).

Вся совокупность тонов, присутствующих в отдельном изображении, называется его *динамическим тоновым диапазоном*. Иногда он совпадает с полным тоновым диапазоном, но обычно не включает в себя отдельные участки тонов. Отсутствие отдельных участков может объясняться содержимым изображенной сцены (на фотографии невесты-блондинки в свадебном платье,

стоящей у светлой стены, практически нет резких теней). Но в большинстве случаев это явление возникает из-за ошибок при съемке или обработке изображения и ограничений камеры.

Принято делить тоновый диапазон на три части: *тени* (темная часть с низкими уровнями тона), *средние тона* и *света* (высокие уровни тона). Основная часть визуальной информации (наиболее важные фрагменты изображения) приходится на средние тона.

Чем шире тоновый диапазон, тем глубже цвета и четче детали изображения. Ширина тонового диапазона изображения определяется при съемке или сканировании и зависит от оригинала и от правильного выбора параметров сканирования. Когда это соотношение не оптимально (тоновый диапазон узок или слишком неравномерен), приходится отбраковывать изображение или выполнять его тоновую коррекцию.

Гистограмма тонов

Гистограмма тонов (гистограмма распределения уровней тона) — графическое представление распределения пикселей изображения по значениям параметров модели цвета. Гистограмма — это частный вид диаграммы, состоящей из расположенных рядом друг с другом столбцов. Каждому тону из полного тонового диапазона соответствует один столбец гистограммы, высота которого прямо пропорциональна числу пикселей, имеющих соответствующее значение тона.

Число столбцов в гистограмме зависит от глубины цвета в используемой цветовой модели. Для стандартной глубины цвета 8 битов на канал в гистограмме насчитывается 256 столбцов. Обычно они располагаются слева направо в порядке увеличения светлоты тона: самый левый столбец соответствует черному цвету, а самый правый — белому.

На рис. 3.6.3 одно и то же изображение соцветия наперстянки представлено на белом и темном фоне. Ниже приведены соответствующие изображениям гистограммы тонов по каналу светлоты. По гистограмме, приведенной слева, видно, что в изображении мало светлых и темных тонов. Высокий столбец в самой правой позиции (пик) говорит о том, что в изображении много пикселей с максимальной светлотой — они принадлежат белому фону. На гистограмме, приведенной справа, пик белого тона отсутствует, поскольку фон заменен. Но заметно прибавилось пикселей со светлотой несколько темнее серого нейтрального цвета, соответствующих темным доскам. Тоновый диапазон правого изображения имеет более равномерное распределение, хотя и в нем недостаточно светлых и темных тонов.



Рис. 3.6.3. Два варианта изображения на разных фонах и соответствующие им гистограммы тонов

Гистограмма тонов очень широко применяется с компьютерной графике и цифровой фотографии. С ее помощью удобно оценивать качество пиксельных изображений. Она полезна для принятия решения о желаемом варианте тоновой коррекции. Как правило, упрощенный вариант гистограммы тонов присутствует в интерфейсе пользователя, реализующем методы тоновой коррекции по уровням и градационным кривым, а также метод тоновой отсечки.

Тоновая коррекция по уровням

При тоновой коррекции пиксели изображения перераспределяют по полному тоновому диапазону цветовой модели. В результате этого некоторые из них становятся светлее, другие — темнее. За счет этого вид гистограммы тонов приближается к желаемому.

Тоновая коррекция по уровням — процедура, в ходе которой задают опорные значения тонов "черной" и "белой" точек, между которыми равномерно распределяют все тона динамического диапазона изображения.

Черной точкой называется уровень тона исходного изображения, которому после коррекции будет соответствовать нулевая светлота пиксела. При выполнении коррекции всем пикселам, светлота которых меньше или равна "черной" точке, будет назначена нулевая светлота.

Белой точкой называется уровень тона исходного изображения, которому после коррекции будет соответствовать 100%-ная светлота пиксела. При выполнении коррекции всем пикселам, светлота которых больше или равна "белой" точке, будет назначена 100%-ная светлота.

Всем пикселям с промежуточными значениями светлоты будут установлены новые значения в соответствии с формулой

$$L = (L_{\text{исх}} - L_{\text{чт}}) / (L_{\text{бт}} - L_{\text{чт}}), \quad (3.6.2)$$

где $L_{\text{исх}}$ и L — светлота пикселя до и после коррекции; $L_{\text{чт}}$ и $L_{\text{бт}}$ — светлота в "черной" и "белой" точках.

В результате пиксели с промежуточной светлотой равномерно распределяются в полном тоновом диапазоне. При этом светлота пикселей промежуточных тонов изменяется. Причем меняется она так, чтобы соответствующие им столбцы тоновой гистограммы располагались равномерно вдоль ее горизонтальной оси.

ПРИМЕЧАНИЕ

В некоторых источниках эта процедура называется растяжкой тонового диапазона.

На рис. 3.6.4 представлены две версии уже рассматривавшегося изображения. На рис. 3.6.4, *а* показано изображение в процессе выполнения тоновой коррекции по уровням. Черные и белые треугольники, расположенные под гистограммой тонов, обозначают положения "черной" и "белой" точек. Результат тоновой коррекции приведен на рис. 3.6.4, *б*: изображение стало заметно "сочнее", проявились ранее скрытые детали в тенях и светах.

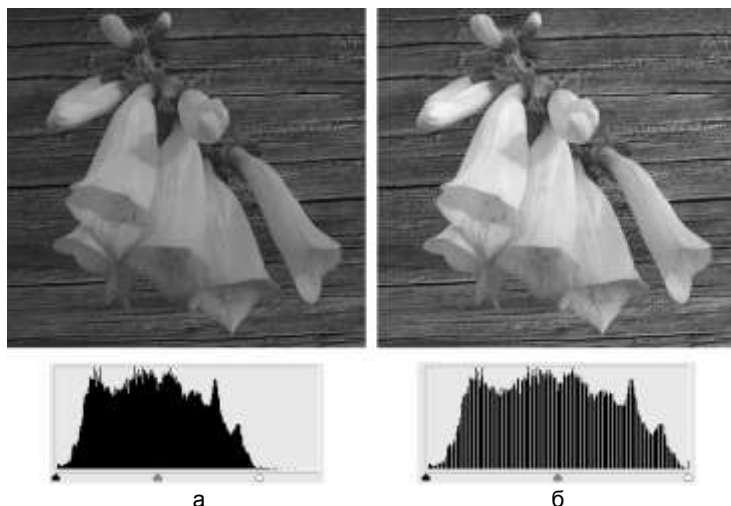


Рис. 3.6.4. Тоновая коррекция по уровням:

а — установка светлоты "черной" и "белой" точек; *б* — результат коррекции

Однако у процедуры тоновой коррекции имеется нежелательный побочный эффект: число тонов в преобразованном изображении может стать только меньше, чем в исходном. Из-за этого при перераспределении светлоты пикселей в гистограмме могут появиться просветы между отдельными столбцами, означающие отсутствие соответствующих тонов в изображении. Само по себе это не снижает качества изображения, но если в нем имеются градиентные заливки или плавные переходы тона, выпадение отдельных тонов приведет к снижению их плавности. Когда ширина зазора достигает четырех-пяти смежных тонов, на изображении становится заметна "полосатость". Это явление называется постеризацией.

Постеризация — появление однотонных полос на пиксельном изображении при удалении из него отдельных смежных тонов. Этот эффект в большинстве случаев нежелателен, а часто — недопустим. Из-за постеризации изображение загроубляется, в диапазоне средних тонов могут пропадать мелкие детали. Для борьбы с постеризацией тоновую коррекцию изображения следует выполнять в его варианте с повышенной глубиной цвета (например, 48 bpp). При этом появляющиеся в гистограмме зазоры пропадают или радикально сужаются после преобразования к стандартной глубине цвета.

ПРИМЕЧАНИЕ

Исходное изображение при этом должно быть создано с повышенной глубиной цвета (отсканировано или получено из фотокамеры). Преобразование изображения из стандартной глубины цвета к повышенной в рассмотренных обстоятельствах ничего не даст, т. к. не расширит динамический тоновый диапазон изображения.

Тоновая коррекция по уровням лежит в основе большого числа приемов обработки пиксельных изображений.

Гамма-коррекция

Обратите внимание на серый треугольник, изображенный на рис. 3.6.4 под гистограммой тонов. Его местоположение соответствует т. н. "серой" точке. *Серой точкой* называется уровень тона исходного изображения, которому после коррекции будет соответствовать нейтральная светлота пиксела (уровень тона 127 при глубине цвета 8 bpp или L50%). Если значение "серой" точки при тоновой коррекции не задано, она автоматически будет расположена точно посередине между "белой" и "черной" точками.

При смещении "серой" точки из положения, назначенного ей по умолчанию, выполняется специфический вид тоновой коррекции, который называется гамма-коррекцией. *Гамма-коррекция* — вариант тоновой коррекции, при которой "серая" точка смещена из среднего положения между "черной"

и "белой" точками. При этом один из поддиапазонов, на которые "серая" точка разбивает полный тоновый диапазон, растягивается, а второй — сжимается за счет перераспределения тонов.

Такая коррекция позволяет исправлять изображения, в которых преобладают слишком светлые или слишком темные тона. На рис. 3.6.5 представлено два варианта гамма-коррекции с соответствующими им тоновыми гистограммами до и после выполнения процедуры.

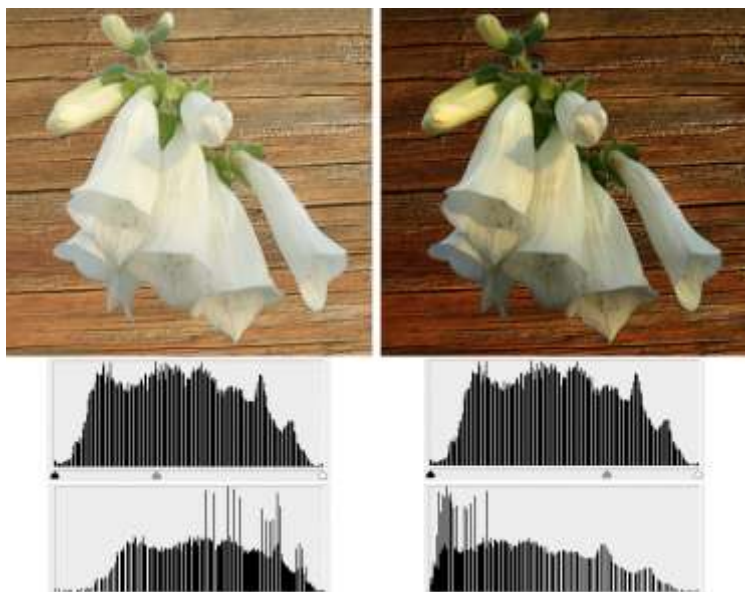


Рис. 3.6.5. Гамма-коррекция со смещением "серой" точки влево и вправо

Из рис. 3.6.5 видно, что смещение "серой" точки влево привело к сжатию тонового поддиапазона для светов и растяжению — для теней. В светах не только закрылись отдельные зазоры, но и появились пики (что связано с назначением одинаковой светлоты пикселям с ранее различными тонами). В тенях "целевые" зазоры в гистограмме стали шире (что связано с выпадением дополнительных тонов из динамического тонового диапазона).

Величина, характеризующая смещение "серой" точки из положения, которое она занимает в тоновом диапазоне по умолчанию, называется *гаммой*. Гамма может принимать значения от 10 ("серая" точка совпадает с "черной") до 0,1 ("серая" точка совпадает с "белой").

Гамма-коррекция позволяет изменять распределение тонов в средней части тонового диапазона, мало затрагивая поддиапазоны теней и светов.

Коррекция контурной резкости

Качество пиксельного изображения во многом определяется его резкостью. Это понятие интуитивно ясно, но точное определение резкости дать сложно. Для практических целей можно считать, что *резкость изображения* — соответствие ширины его тоновых переходов оригиналу. С резкостью изображения связано еще несколько понятий, определенных далее.

Контрастность пикселей по отношению друг к другу — разность тонов, соответствующих этим пикселям. *Контрастность областей* — ситуация, при которой для произвольной пары пикселей внутри любой области по сравнению с аналогичной парой пикселей из разных областей контраст будет пренебрежимо мал. Разница в значении тона, считаемая пренебрежимо малой, задается значением *порога контрастности*. *Кромкой* или *контуром* в пиксельной графике называется переходная область между смежными областями изображения, контраст которых превышает заданное пороговое значение. При увеличении ширины кромки она превращается в градиент или тоновый переход. Если в процессе обработки изображения ширина кромок возрастает, это приводит к снижению резкости.

В общем случае автоматическое сужение кромок, ведущее к возрастанию резкости изображения, невозможно (это обусловлено невозможностью восстановления визуальной информации, утраченной при снижении резкости). Однако очень широко практикуется прием имитации увеличения резкости, основанный не на уменьшении ширины, а на увеличении контраста кромок. На рис. 3.6.6, *а* представлен фрагмент кромки, прилегающей к границе раздела двух контрастных областей. На диаграмме, представленной ниже, горизонтальная ось размечена в вертикальных рядах пикселей, а вертикальная — в единицах измерения светлоты.

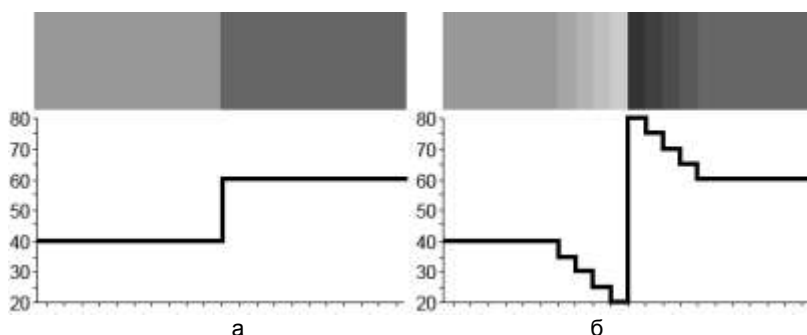


Рис. 3.6.6. Схема имитации усиления контурной резкости:

а — кромка до усиления резкости; *б* — та же кромка после усиления резкости

При имитации усиления контурной резкости кромка, разделяющая контрастные области, не становится уже, но граница между ними подчеркивается за счет снижения светлоты пикселей, прилегающих к ней с "темной" стороны, и увеличения светлоты пикселей с противоположной стороны (рис. 3.6.6, б). Границу ищут на основании заданного значения порога контрастности.

В большинстве редакторов пиксельных изображений метод имитации усиления контурной резкости реализован в виде фильтра (см. разд. 3.9.2) или подключаемого модуля (см. разд. 1.1.4). Управляющие параметры метода:

- ❑ *Порог контрастности* — разность уровней тона, достаточной, чтобы считать, что граница проходит между парой пикселей (разность тонов).
- ❑ *Радиус* — ширина полосы, прилегающей к границе, в пределах которой корректируется светлота пикселей (относительная величина, может быть дробной).
- ❑ *Амплитуда* — степень изменения уровня тона относительно исходного значения (относительная величина).

На рис. 3.6.7.–3.6.9 проиллюстрировано влияние каждого из управляющих параметров метода на результат. Тестовое изображение — круг, разбитый на три сектора с равномерной заливкой оттенками черного цвета 20, 30 и 50%.

Подбор оптимального значения трех параметров — сложная процедура. Далее предлагается эмпирический алгоритм, позволяющий добиваться удовлетворительных результатов в большинстве случаев.

1. Задают порог контрастности 0, радиус 1 и амплитуду 0.
2. Увеличивают амплитуду до тех пор, пока изображение не станет выглядеть достаточно резко. Но при этом белые и черные полосы вдоль границ не должны бросаться в глаза, а мелкие детали изображения — распадаться на части. Это действие следует выполнять при отображении изображения в натуральный размер.
3. Если увеличение амплитуды не дает возможности добиться желаемой резкости, нужно немного повысить значение радиуса и повторить п. 2.
4. Когда в изображении имеются области с равномерной заливкой, устранить появившиеся в них мелкие артефакты можно увеличением значения порога контрастности.
5. Если артефакты не удастся уменьшить подбором значения порога контрастности, следует построить маску, "открывающую" для коррекции только кромки изображения.

ПРИМЕЧАНИЕ

При подготовке изображения к печати на полиграфическом оборудовании следует добиваться несколько большей резкости — она компенсируется за счет

растискивания точек (см. разд. 3.11.2). Для вывода изображений на экран, принтер, в фотолаборатории или на слайд превышать уровень достаточной резкости не следует.

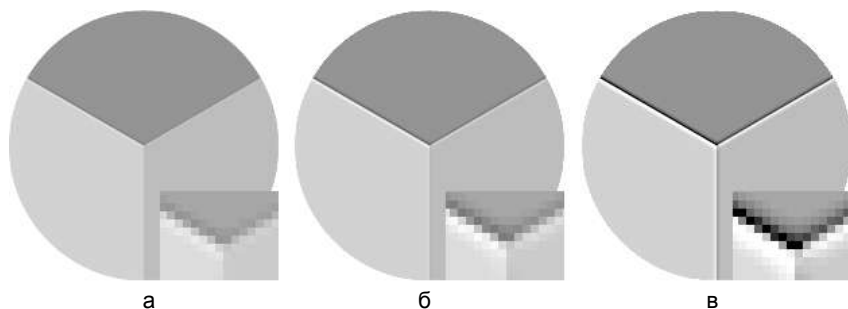


Рис. 3.6.7. Воздействие значения амплитуды на контурную резкость:
а — амплитуда 100; б — амплитуда 200; в — амплитуда 500

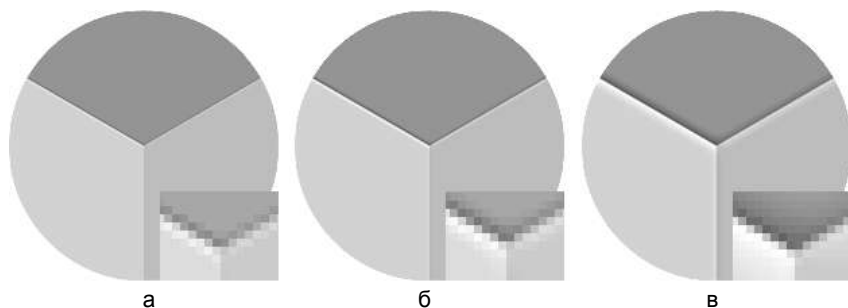


Рис. 3.6.8. Воздействие значения радиуса на контурную резкость:
а — радиус 1; б — радиус 2; в — радиус 5

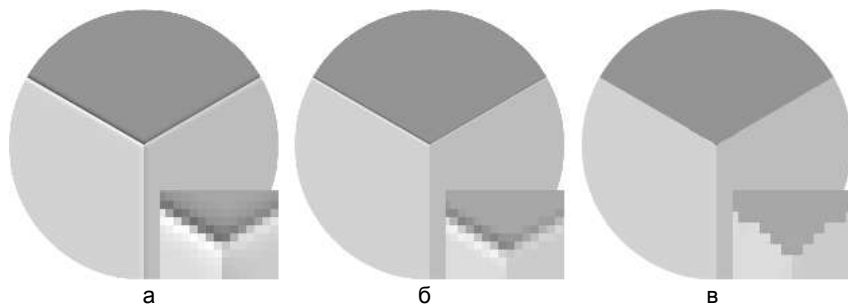


Рис. 3.6.9. Воздействие значения порога на контурную резкость:
а — порог 0; б — порог 20; в — порог 80

На рис. 3.6.10 приведена исходная фотография и результат применения к ней метода имитации увеличения контурной резкости. Из рисунка видно, что в тех местах, где ширина кромок была очень большой (фон изображения), видимого увеличения резкости не произошло. Там, где кромки были достаточно узкими (например, края паутинок), этот эффект оказался достаточно заметным.

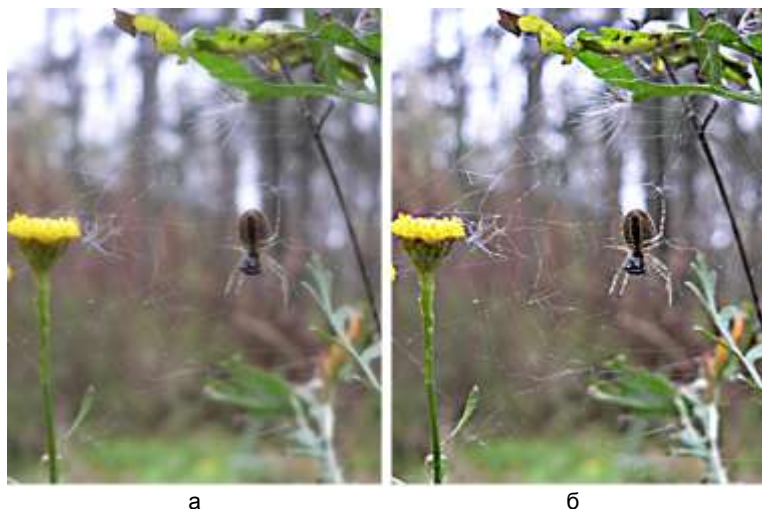


Рис. 3.6.10. Имитация увеличения контурной резкости:
а — исходное изображение; б — откорректированное изображение

В заключение отметим, что создано достаточно много подключаемых модулей, позволяющих упростить операцию увеличения контурной резкости.

В отличие от увеличения резкости, процедура ее снижения — простая задача, решаемая за счет размытия изображения. При этой операции теряется большой объем визуальной информации и утрачиваются мелкие детали во всех тоновых диапазонах. Управляющий параметр размытия называется *радиусом размытия*. Он измеряется в пикселах и задает величину, на которую увеличиваются кромки, и, соответственно, снижается резкость. На рис. 3.6.11 представлено изображение и результат его равномерного размытия.

ПРИМЕЧАНИЕ

Достаточно часто применяется размытие не всего изображения, а только его части. В этом случае пользуются предварительным выделением области пиксельного изображения или маской слоя.

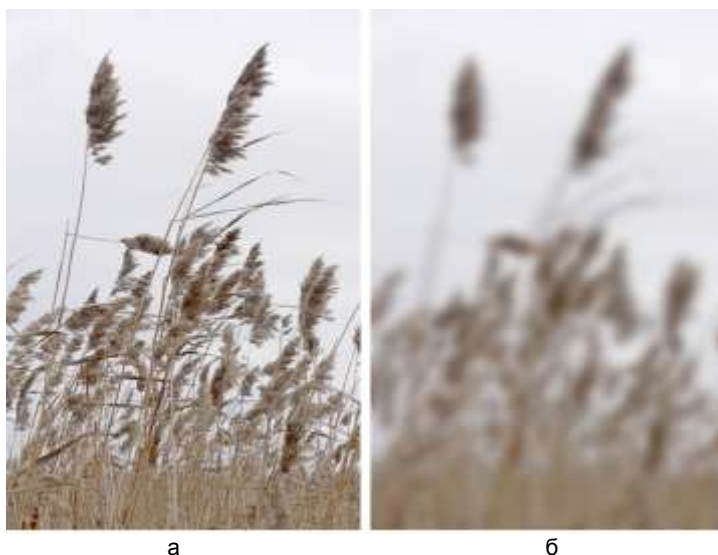


Рис. 3.6.11. Снижение контурной резкости размытием:
а — исходное изображение; б — откорректированное изображение

ПРИМЕЧАНИЕ

Кроме равномерного существуют методы неравномерного размытия, в которых фиксируется направление увеличения ширины кромок — например, линейное размытие (эффект "ветра"), круговое размытие (эффект "монокля").

Рассмотренные приемы коррекции контурной резкости применяются не только для монохромных, но и для полноцветных изображений.

Технологический цикл для монохромных изображений

Общая схема технологического цикла графического проекта с монохромными изображениями:

- ☐ Создание новых изображений средствами графического редактора.
- ☐ Приведение всех используемых в проекте ранее созданных пиксельных изображений к единому разрешению.
- ☐ Сканирование вновь создаваемых пиксельных изображений с учетом масштабирования.
- ☐ Выпрямление и кадрирование отсканированных и ранее созданных изображений.

- ❑ Согласованная тоновая коррекция по уровням или по градационным кривым (в сложных случаях, см. *разд. 3.6.3*) для всех изображений проекта.
- ❑ Согласованная коррекция контурной резкости для всех изображений в составе проекта.
- ❑ Монтаж изображений.

Выполнять какие-либо операции редактирования после коррекции контурной резкости как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения не рекомендуется.

3.6.3. Градационные кривые

Совместное применение методов коррекции по уровням и гамма-коррекции позволяет добиваться хороших результатов в большинстве случаев. Но иногда тоновая коррекция требуется лишь в некоторой части тонового диапазона, встречаются также ситуации, когда отдельные поддиапазоны следует откорректировать по-разному (например, тени осветлить, а света затемнить). Для такой коррекции удобна градационная кривая.

Коррекция по градационным кривым — самый мощный из методов тоновой коррекции, позволяющий добиваться тех же результатов, что коррекция по уровням и тоновая отсечка. Дополнительно он дает возможность управлять контрастом и светлотой произвольного поддиапазона тонов с любой нужной точностью.

Понятие градационной кривой

Градационная кривая — график зависимости, связывающей исходные и откорректированные уровни тона пикселей изображения. На горизонтальной оси располагаются тона исходного изображения, а на вертикальной — соответствующие им откорректированные значения (рис. 3.6.12).

Пользователь может самостоятельно задать форму градационной кривой, размещая на ней управляющие точки (узлы) и перемещая их, или воспользоваться стандартными кривыми, подготовленными заранее. В большинстве программных средств пиксельной графики интерфейс данного метода тоновой коррекции включает оба этих варианта.

Управляющие параметры коррекции — таблица, состоящая из двух столбцов. Число строк в таблице определяется предусмотренной цветовой моделью глубиной цвета (для глубины цвета 8 bpp таких строк будет 256). Таблица заполняется по результатам анализа градационной кривой на момент выполнения тоновой коррекции: аргументы заносятся в первый столбец, а значения

функции — во второй. Такая организация входных параметров в принципе позволяет задавать параметры тоновой коррекции для любого уровня тона индивидуально (чего на практике, чаще всего, не требуется).

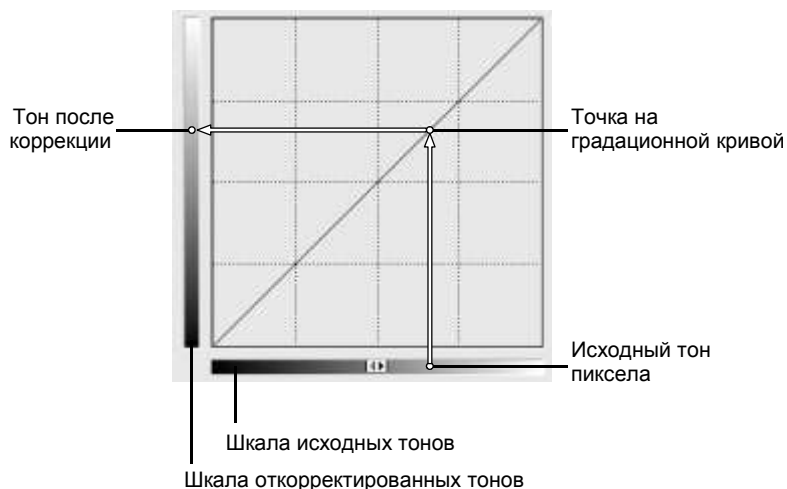


Рис. 3.6.12. Градационная кривая и способ определения тона пиксела в процессе тоновой коррекции по градационной кривой

Типовые формы градационных кривых

Для исследования влияния формы градационной кривой на вид откорректированного изображения и тип тоновой коррекции, воспользуемся изображением, приведенным на рис. 3.6.13, *а*. Гистограмма тонов этого изображения представлена на рис. 3.6.13, *б*, а на рис. 3.6.13, *в* приведен исходный вид градационной кривой до начала коррекции.

Координатная сетка градационной кривой имеет две оси — горизонтальную и вертикальную. Смещение любой точки градационной кривой вверх затемняет изображение, вниз — осветляет его. Этот эффект наиболее заметен в пикселах, совпадающих по тону с точкой горизонтальной оси, над которой расположена смещаемая точка. По мере увеличения разности тонов эффект осветления или затемнения убывает. Если крайние левая и правая точки градационной кривой остаются неподвижными, черные пикселы изображения остаются черными, а белые — белыми. Рассмотрим, что произойдет, если перемещаются только крайние точки градационной кривой.

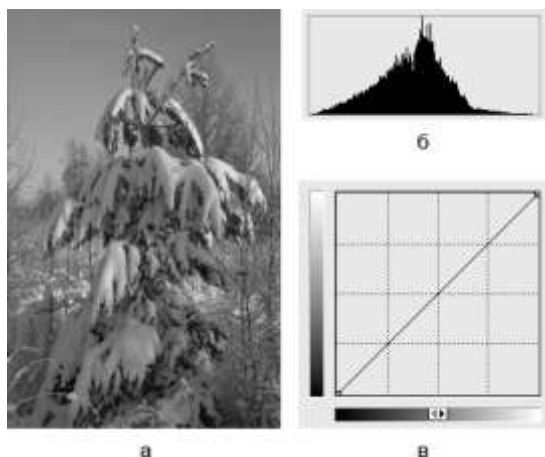


Рис. 3.6.13. Состояние до начала тоновой коррекции: а — исходное изображение; б — его гистограмма тонов; в — исходное состояние градационной кривой

При перемещении крайней левой точки кривой до предела вверх, а крайней правой точки — вниз, изображение преобразуется в негатив (инвертируется). Воспользовавшись способом определения откорректированного тона, представленным на рис 3.6.12, получим, что белый пиксел становится черным, и наоборот. Пикселы нейтрального серого цвета (50%-ного черного) остаются неизменными.

При смещении конечных точек по вертикали менее чем на половину диапазона изображение становится менее контрастным (блекнет) из-за потери самых темных и самых светлых тонов (рис. 3.6.14, а). Это видно и на гистограмме: все пикселы изображения располагаются в поддиапазоне средних тонов (рис. 3.6.14, б). Градационная кривая преобразования, снижающего контраст (сжатие тонового диапазона), представлена на рис. 3.6.14, в.

Выравнивание концов прямолинейной градационной кривой по одной горизонтали превращает изображение в однородную заливку тоном, соответствующим высоте линии над горизонтальной осью. Гистограмма в этом случае состоит из единственного столбца — все остальные тона отсутствуют.

Отметим, что на участках, где градационная кривая становится более полой по сравнению с исходной, контраст изображения снижается, тонкие детали изображения исчезают (деградируют), тоновый диапазон сжимается.

Если сдвигать конечные точки прямолинейной градационной кривой к общей вертикали, то контраст изображения, напротив, увеличивается, а его тоновый диапазон растягивается (рис. 3.6.15, а). Но тонкие детали при этом все равно исчезают за счет выпадения отдельных уровней тона, обусловленного растя-

гиванием тонового диапазона — об этом говорят "щелевые" зазоры в гистограмме (рис. 3.6.15, б). Наличие пиков в крайних столбцах гистограммы свидетельствует об исчезновении деталей в тенях и светах. Градационная кривая преобразования, увеличивающего контраст (растяжка тонового диапазона), представлена на рис. 3.6.15, в.

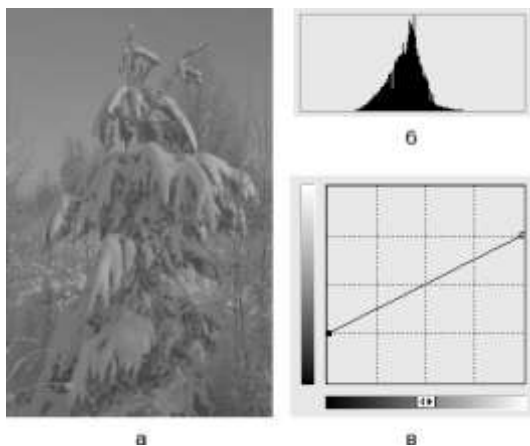


Рис. 3.6.14. Преобразование тонов по градационной кривой с уменьшением контраста:
а — результат преобразования; б — гистограмма тонов результата;
в — вид градационной кривой

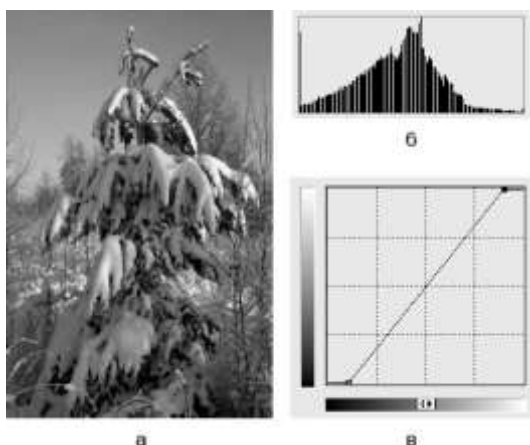


Рис. 3.6.15. Преобразование тонов по градационной кривой с увеличением контраста:
а — результат преобразования; б — гистограмма тонов результата;
в — вид градационной кривой

Выравнивание концов прямолинейной градационной кривой по одной вертикали превращает изображение в штриховое, полученное методом тоновой отсечки (см. разд. 3.6.1). Пороговый уровень при этом определяется горизонтальной координатой конечных точек градационной кривой, а гистограмма состоит из двух столбцов, соответствующих белому и черному цветам — все остальные тона отсутствуют.

Отметим, что на участках, где крутизна градационной кривой возрастает по сравнению с исходным состоянием, контраст изображения увеличивается, тонкие детали изображения в середине диапазона более заметны (но больше их не становится), а по краям диапазона они могут исчезать (деградировать), тоновый диапазон растягивается.

На практике чаще используются более сложные градационные кривые, чем в приведенных ранее примерах. Далее рассмотрим четыре типовых градационных кривых.

На рис. 3.6.16, *а* изображение светлее, чем в исходном варианте (см. рис. 3.6.13, *а*). Это вызвано сжатием диапазона тонов, расположенных правее дополнительной точки градационной кривой, и растяжением диапазона тонов, расположенных левее нее (рис. 3.6.16, *б*). Такие изменения в гистограмме тонов обусловлены смещением вверх дополнительной точки, заданной на градационной кривой (рис. 3.6.16, *в*).

Отметим, что в области тонов, прилегающей слева к смещаемой вверх точке градационной кривой, контрастность увеличивается, а в области тонов, прилегающей к ней справа, — уменьшается. Следовательно, в тенях детали становятся более заметными, а в светах они деградируют.

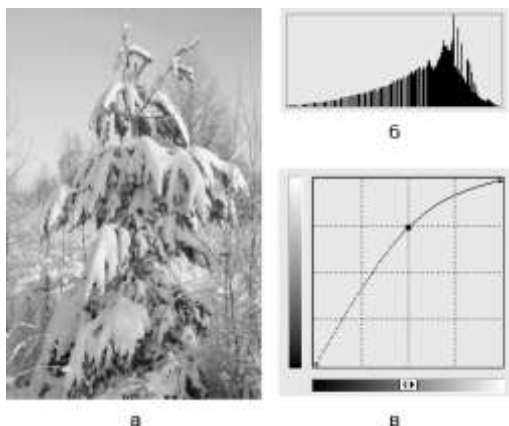


Рис. 3.6.16. Преобразование тонов по градационной кривой, выпуклой вверх:
а — результат преобразования; *б* — гистограмма тонов результата;
в — вид градационной кривой

Если требуется ограничить диапазон тонов, к которому применяется коррекция тона по выпуклой вверх градационной кривой, на ней размещают не одну, а пять дополнительных точек. Первую пару точек располагают вплотную друг к другу в начале диапазона, вторую — точно так же в конце диапазона, пятую — посередине диапазона, и именно ее смещают вверх.

На рис. 3.6.17, *а* изображение темнее, чем в исходном варианте (см. рис. 3.6.13, *а*). Это вызвано сжатием диапазона тонов, расположенных левее дополнительной точки градационной кривой, и растяжением диапазона тонов правее нее (рис. 3.6.17, *б*). Такие изменения в гистограмме тонов обусловлены смещением вниз дополнительной точки, заданной на градационной кривой (рис. 3.6.17, *в*).

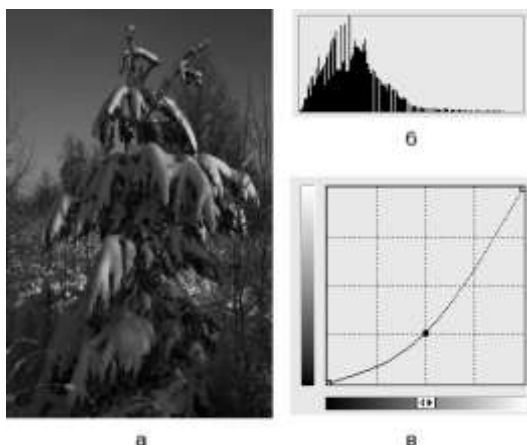


Рис. 3.6.17. Преобразование тонов по градационной кривой, выпуклой вниз:
а — результат преобразования; *б* — гистограмма тонов результата;
в — вид градационной кривой

Отметим, что в области тонов, прилегающей слева к смещаемой вверх точке градационной кривой, контрастность уменьшается, а в области тонов, прилегающей к ней справа, — увеличивается. Следовательно, в тенях детали деградируют, а в светах они становятся более заметными.

В большинстве изображений самая важная визуальная информация содержится в области средних тонов. Подчеркивание деталей, относящихся к этому тоновому диапазону, делает такие изображения более выразительными. Для тоновой коррекции, приводящей к такому эффекту, используются S-образные градационные кривые. Подобная тоновая коррекция (рис. 3.6.18, *в*) делает света более яркими (за счет некоторой деградации деталей в поддиа-

пазоне светов), тени — более темными (также за счет некоторой деградации деталей), а средние тона — более контрастными. Детали в среднем тоновом диапазоне становятся более заметными, но за счет появления щелевидных зазоров в гистограмме тонов возможна утрата самых тонких деталей и проявление постеризации.

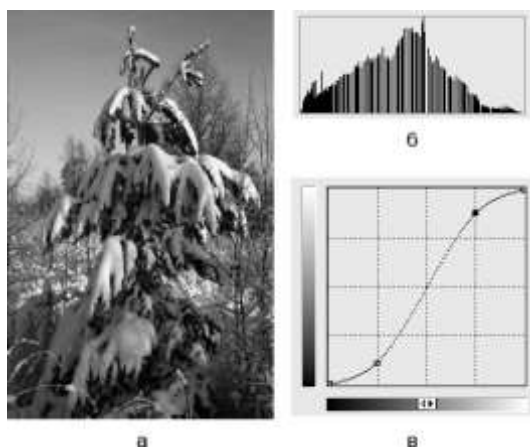


Рис. 3.6.18. Преобразование тонов по S-образной градационной кривой:
 а — результат преобразования; б — гистограмма тонов результата;
 в — вид градационной кривой

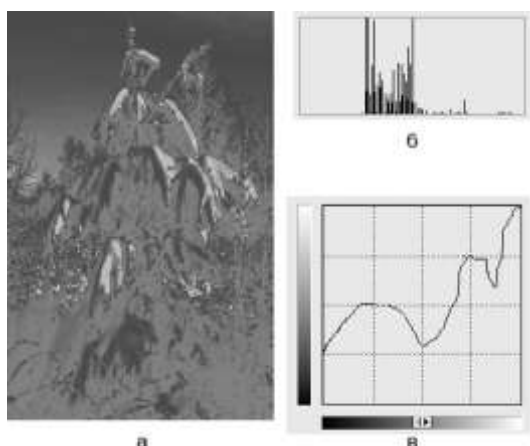


Рис. 3.6.19. Преобразование тонов по сложной градационной кривой:
 а — результат преобразования; б — гистограмма тонов результата;
 в — вид градационной кривой

Как следует из рассмотренных примеров тоновой коррекции по градационным кривым, ни один из ее вариантов не может увеличить общее количество деталей в изображении — можно лишь сделать эти детали более или менее заметными за счет растяжения и сжатия тоновых поддиапазонов, в которых они содержатся. Новым деталям неоткуда взяться, они лишь перераспределяются по динамическому тоновому диапазону изображения.

Для исправления погрешностей в динамическом тоновом диапазоне пиксельного изображения в большинстве случаев достаточно нанести на градационную кривую четыре-пять дополнительных точек. Но для построения специальных графических эффектов применяются градационные кривые достаточно сложных форм (рис. 3.6.19).

3.6.4. Полноцветные изображения

Полноцветные изображения преобладают в настоящее время во всех графических проектах. Как уже упоминалось, многие приемы работы с полноцветными и монохромными изображениями аналогичны. Основное отличие состоит в том, что все операции над полноцветными изображениями выполняются одновременно с тремя каналами цвета (*см. разд. 3.4.4*). Из-за этого при каждой операции редактирования полноцветного изображения изменения вносятся во все монохромные изображения каналов цвета. Однако эта операция "расщепления" внесенных изменений (цветоделение) выполняется автоматически, и интерфейсы пользователя для работы с полноцветными и монохромными изображениями не очень сильно различаются.

Основные различия касаются:

- ☐ средств выбора цвета при настройке режимов работы инструментов рисования;
- ☐ тоновой коррекции цветного изображения;
- ☐ цветовой коррекции изображения;
- ☐ работы с плашечными цветами.

В этом разделе рассматриваются приемы работы с полноцветными изображениями, не имеющие аналогов для монохромных. Процедура цветовой коррекции из-за своей сложности и исключительной важности подробно описывается в *главе 3.7*.

Выбор цветовой модели

Подавляющее большинство графических проектов реализованы на основе цветовых моделей RGB и CMYK. Остальные цветовые модели, рассмотренные в *разд. 1.3.4, 1.3.7 и 1.3.8*, либо используются сравнительно редко (мо-

дель индексированного цвета), либо играют вспомогательные роли на промежуточных этапах работы (модель HSL).

По вопросу о выборе цветовой модели для графического проектирования не существует общепринятого мнения. Полиграфисты предпочитают модель CMYK как более привычную и соответствующую природе полиграфического процесса. Многие дизайнеры и компьютерные художники в процессе проектирования работают с цветовой моделью RGB и в дальнейшем преобразуют в CMYK только результат проекта, подлежащий печати в типографии или бюро полиграфического обслуживания.

Автор считает целесообразным проводить графическое проектирование целиком в CMYK только, когда большинство исходных материалов для проектирования представлено именно в этой цветовой модели, а результаты проекта должны быть напечатаны полиграфическим методом. Во всех остальных случаях работать с цветовой моделью RGB удобнее, независимо от того, для какого применения готовятся результаты графического проектирования — печати или воспроизведения на экране.

Методы выбора цвета

В большинстве программ пиксельной графики выбрать цвет при настройке режима работы инструмента рисования можно несколькими способами. Наиболее распространены интерактивный метод, при котором оттенок выбирают щелчком на нужном образце цвета в палитре, и параметрический, когда цвет задают вводом управляющих параметров цветовой модели в соответствующие элементы управления диалогового окна пользовательского интерфейса.

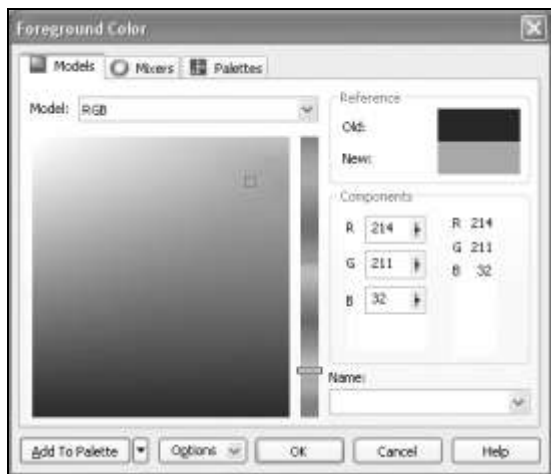


Рис. 3.6.20. Селектор цвета пиксельного редактора Corel PhotoPaint

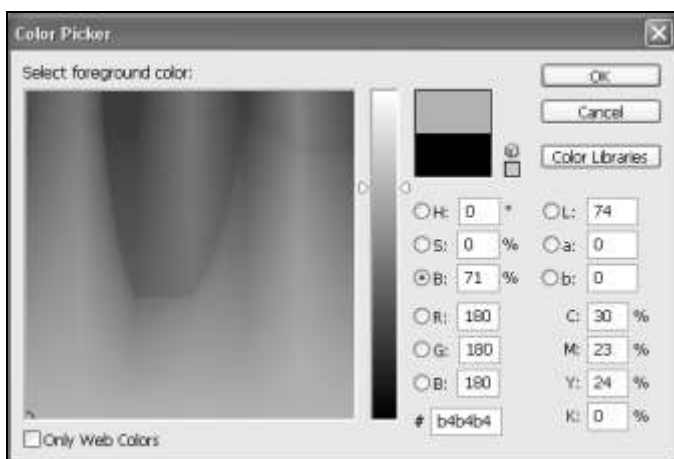


Рис. 3.6.21. Селектор цвета пиксельного редактора Adobe Photoshop

На рис. 3.6.20 представлено диалоговое окно селектора цвета переднего плана графического редактора Corel PhotoPaint, а на рис. 3.6.21 — Adobe Photoshop. В обоих случаях пользователь может выбирать цвет, пользуясь и палитрами, и цветовыми моделями. Отдельные кнопки позволяют получить доступ к каталогам цветов систем цветосовмещения, из которых можно выбрать необходимый плащечный цвет.

Рисование и стирание

При настройке режимов работы инструментов рисования и стирания для полноцветного изображения следует иметь в виду, что в цветном изображении работает больше режимов наложения мазка на слой (см. разд. 3.4.2).

Кроме того, в цветном изображении имеется возможность раздельного рисования на каналах цвета, воздействуя на интенсивность каждого из базовых цветов, предусмотренных цветовой моделью изображения.

Действие инструмента стирания на полноцветных и монохромных изображениях одинаково: на нижнем слое стирание эквивалентно рисованию фоновым цветом, а на остальных слоях — увеличению индивидуальной степени прозрачности пикселей.

Тоновая и цветовая коррекция

В одном изображении распределение тонов по динамическим диапазонам каналов базовых цветов цветовой модели может значительно различаться,

что обусловлено как погрешностями при построении изображения, так и особенностями изображенной сцены. Из-за этого применение одной и той же тоновой коррекции ко всем каналам полноцветного изображения может привести к рассогласованию цветовых каналов и нарушению исходного цветового баланса изображения.

Такие действия могут потребовать последующего проведения цветовой коррекции (см. *разд. 3.7.1*). Во избежание этого нежелательного явления программы пиксельной графики позволяют выполнять тоновую коррекцию отдельно по каналам цвета. Однако подобная коррекция значительно сложнее, и пользователю приходится дополнительно согласовывать цвета в изображении. В результате в цветном изображении процедура тоновой коррекции существенно усложняется и требует специальных знаний, навыков и художественного вкуса. Но, несмотря на эти особенности, цветовая коррекция в той или иной степени применяется практически ко всем полноцветным изображениям, используемым в графических проектах.

Работа с плашечными цветами

Каналы плашечных цветов вводят в пиксельные графические документы, когда требуется воспроизведение цвета, выходящего за пределы цветового пространства модели CMYK. Об особенностях печати плашечными цветами упоминалось в *разд. 1.3.9*. Здесь отметим, что каждому из плашечных цветов, использованных в изображении, соответствует отдельное монохромное изображение. Редактируя его, можно влиять на оттенок смесовой краски, которая будет нанесена в том или ином месте изображения.

Плашечный цвет выбирают с помощью селектора плашечных цветов, а на изображение канала его наносят теми же инструментами, которые служат для редактирования монохромных изображений.

Каналы плашечных цветов не связаны со слоями многослойных пиксельных документов, и хранящаяся в них визуальная информация обычно не отображается при рендеринге композитного изображения. В некоторых программах пиксельной графики возможна имитация плашечного цвета при рендеринге, но при этом он не отображается на экране с достаточной точностью.

В заключение отметим, что включение плашечных цветов в графический проект оправдано только при печати тиража с применением специальных смесовых красок.

Технологический цикл для полноцветных изображений

Общая схема технологического цикла проекта с полноцветными изображениями:

- ☐ Создание новых изображений средствами графического редактора.
- ☐ Приведение всех используемых в проекте ранее созданных пиксельных изображений к единому разрешению.
- ☐ Сканирование вновь создаваемых пиксельных изображений с учетом масштабирования.
- ☐ Выпрямление и кадрирование отсканированных и ранее созданных изображений.
- ☐ Согласованная тоновая коррекция по уровням или по градиационным кривым (в сложных случаях, см. *разд. 3.6.3*) для всех изображений проекта.
- ☐ Согласованная цветовая коррекция всех изображений в проекте.
- ☐ Согласованная коррекция контурной резкости для всех изображений в составе проекта.
- ☐ Монтаж изображений.

3.6.5. Монтаж пиксельного изображения. Коллаж

В компьютерной графике *коллажем* называется изображение, составленное из нескольких отдельных графических фрагментов. Процесс формирования коллажа из отдельных изображений называется *монтажом*. Приемы, используемые для монтажа изображений, многочисленны и разнообразны. В этом разделе рассматриваются лишь основные их механизмы, которые, чаще всего, приходится комбинировать и изменять в зависимости от специфики графического проекта.

Слои и маски слоя

Размещение отдельных фрагментов изображения на различных слоях с последующим маскированием слоя — прием, являющийся основой монтажа композиций. Его основное достоинство состоит в том, что маскирование слоя позволяет изменять композицию без повторного редактирования исходных изображений — в них вообще не вносятся никаких изменений.

Методы и управляющие параметры, связанные с маской слоя, подробно рассмотрены в *разд. 3.5.4*, здесь ограничимся простейшим примером этого приема.

На рис. 3.6.22, *а* показано расположение слоев, позволяющее смещением верхнего из них подбирать наилучшее его положение относительно нижнего. Но планета должна вставать из-за леса, а не перед ним, поэтому ее нижнюю часть следует скрыть. Для этого предназначена маска слоя, представленная на рис. 3.6.22, *б*, которая применяется к слою с изображением планеты, не связываясь с ним. В результате слой можно перемещать относительно маски, подбирая наиболее подходящее положение планеты, и при этом ее нижняя часть всегда будет "замаскирована" по линии верхней границы леса (рис. 3.6.23, *а* и *б*).

Изображение на слое маски (как обычное монохромное) можно редактировать, что открывает огромные возможности для компоновки изображений.

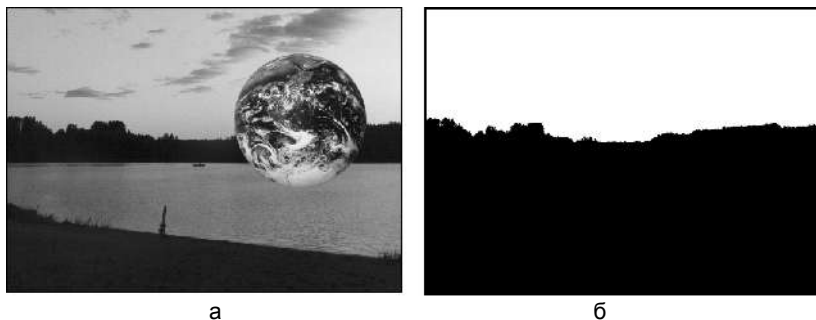


Рис. 3.6.22. Предварительный этап маскирования:

а — слой с прозрачным фоном и изображением планеты поверх изображения с пейзажем;
б — альфа-канал с маской, скрывающей изображение ниже верхней кромки деревьев



Рис. 3.6.23. Маска слоя применена к верхнему слою документа:

а — верхний слой в исходном положении;
б — верхний слой смещен относительно нижнего слоя и маски

Градиентные маски

Градиентные маски применяются для получения плавного перехода прозрачности (см. рис. 3.5.7). Если это маска слоя, то появляются дополнительные возможности, например, подбор места перехода одного фрагмента в другой за счет смещения маски.

Другой пример применения градиентной маски слоя — тоновая коррекция пейзажа на фоне неба. Как правило, требуется осветлить сам пейзаж, не "выбеливая" изображение неба. Если к корректирующему слою тоновой коррекции (см. разд. 3.4.1) применить градиентную маску, в которой от темных тонов вверху имеется плавный переход к светлым тонам внизу, то осветление снимка при тоновой коррекции будет неравномерным. Изменяя монохромное изображение маски корректирующего слоя, можно управлять степенью осветления при тоновой коррекции.

Совместное использование градиентных масок и масок слоя дает широкие возможности по локализации эффекта корректирующего слоя любого типа.

Трансформации

Для согласования размеров фрагментов коллажа и их взаимного преобразования предусмотрены методы трансформации слоя и содержимого выделенной области:

- аффинные преобразования (см. разд. 2.6.2–2.6.6);
- огибающие и деформации (см. разд. 2.8.2).

Номенклатура методов трансформации в разных пиксельных редакторах может быть различной, но, как правило, в них реализовано все необходимое для практической работы.

На рис. 3.6.24 представлен пример трансформации огибающей для имитации нанесения наклейки на кружку.



Рис. 3.6.24. Пример применения метода трансформации:

а — исходное изображение кружки; б — заготовка наклейки;
в — наклейка трансформирована и помещена поверх слоя с изображением кружки

Список новых терминов

- ☐ Рисование
- ☐ Тоновая отсечка
- ☐ Микширование каналов цвета
- ☐ Тоновая коррекция
- ☐ Тон
- ☐ Полный тоновый диапазон
- ☐ Динамический тоновый диапазон
- ☐ Тени
- ☐ Средние тона
- ☐ Света
- ☐ Гистограмма тонов
- ☐ Тоновая коррекция по уровням
- ☐ "Черная" точка
- ☐ "Белая" точка
- ☐ Растяжка тонового диапазона
- ☐ Постеризация
- ☐ Гамма-коррекция
- ☐ "Серая" точка
- ☐ Гамма
- ☐ Резкость изображения
- ☐ Контрастность пикселей
- ☐ Контрастность областей
- ☐ Порог контрастности
- ☐ Кромка
- ☐ Контур
- ☐ Радиус размытия
- ☐ Градационная кривая
- ☐ Коллаж
- ☐ Монтаж изображения

Контрольные вопросы

1. Как могут формироваться штриховые изображения?
2. Какой режим сканирования следует применять для построения штрихового изображения? Почему?
3. Почему понятие степени выделенности пиксела неприменимо для штрихового изображения?
4. Из каких этапов состоит процедура рисования?
5. Что представляет собой процедура настройки инструмента рисования?
6. Какие группы управляющих параметров могут участвовать в процедуре настройки инструмента рисования для штрихового изображения?
7. Что представляет собой операция стирания при работе со штриховым изображением?
8. Для какой цели служит метод тоновой отсечки?
9. Из каких этапов состоит технологический цикл работы со штриховым изображением?
10. По каким причинам применение штриховых изображений в экраннных презентациях нежелательно?
11. Для какой цели при сканировании изображения следует оставлять поля?
12. Для какой цели при работе со штриховыми изображениями используется прием коррекции контурной резкости?
13. Как следует масштабировать штриховые изображения?
14. Чем обусловлено различие методов рисования и стирания для монохромного и штрихового изображений?
15. Какие дополнительные группы параметров могут участвовать в настройке инструментов рисования для монохромного изображения по сравнению со штриховым?
16. Почему стирание в многослойном монохромном графическом документе выполняется по-разному для разных слоев?
17. Какими способами можно преобразовать полноцветное изображение в монохромное?
18. Как определяется цвет пиксела при преобразовании полноцветного изображения в монохромное методом микширования каналов цвета?
19. Для какой цели используется операция тоновой коррекции?

20. Чем тоновая коррекция отличается от равномерного осветления или затемнения изображения?
21. Какие характеристики цветowych моделей могут использоваться для формирования значений тона при тоновой коррекции?
22. Чем динамический тоновый диапазон отличается от полного тонового диапазона?
23. На какие части принято делить тоновый диапазон изображения?
24. Для чего служит гистограмма тонов?
25. Что означает присутствие пиков на краях гистограммы тонов?
26. Какую роль играет "черная" точка в тоновой коррекции по уровням?
27. Какую роль играет "белая" точка в тоновой коррекции по уровням?
28. Как определяют новые значения тонов при тоновой коррекции по уровням?
29. Какие изменения происходят с гистограммой тонов при тоновой коррекции по уровням?
30. Из-за чего после тоновой коррекции может возникать явление постеризации изображения?
31. Как можно бороться с постеризацией, вызванной тоновой коррекцией?
32. Какова роль "серой" точки в тоновой коррекции?
33. Какие задачи решают при помощи гамма-коррекции?
34. Какие изменения происходят в гистограмме тонов после гамма-коррекции?
35. Чему соответствует значение гаммы при гамма-коррекции?
36. Как можно выделить в изображении контрастные по отношению друг к другу смежные области?
37. Чем кромка в изображении отличается от тонового перехода в нем же?
38. Почему невозможно автоматическое увеличение резкости изображения?
39. За счет чего имитируется увеличение контурной резкости изображения?
40. Какие параметры управляют процедурой имитации увеличения контурной резкости изображения?
41. В какой последовательности следует подбирать значения управляющих параметров процедуры увеличения контурной резкости изображения?
42. Как снизить контурную резкость изображения?
43. Какие этапы входят в технологический цикл работы с монохромным изображением?

44. Почему тоновая коррекция по градационной кривой — более мощный метод, чем тоновая коррекция по уровням?
45. В каких осях строится градационная кривая?
46. Как можно изменять форму градационной кривой?
47. Как наклон прямолинейной градационной кривой влияет на корректируемое изображение?
48. Как полный тоновый диапазон изображения можно привести к заданной ширине в указанном месте откорректированного тонового диапазона?
49. Как из динамического тонового диапазона изображения можно "вырезать" заданный поддиапазон, заменив все остальные тона белым или черным цветом?
50. За счет чего происходит деградация деталей при растягивании поддиапазона тонов?
51. За счет чего происходит деградация деталей при сжатии поддиапазона тонов?
52. О чем говорит наличие пиков по краям гистограммы тонов после тоновой коррекции?
53. Для каких целей используют выпуклые градационные кривые?
54. Для какой цели применяется s-образная градационная кривая?
55. Почему для ограничения корректируемого диапазона тонов на градационной кривой нужны пять, а не три дополнительные точки?
56. Когда целесообразны градационные кривые сложной формы?
57. В чем основное различие приемов работы с полноцветным и монохромным изображениями?
58. В каких случаях для выбора цвета следует пользоваться селектором цвета, а в каких — параметрическим заданием значений?
59. Как можно выбрать плащечный цвет?
60. Почему тоновая коррекция может привести к нарушению цветового баланса изображения?
61. Почему выполнять тоновую коррекцию цветного изображения сложнее, чем монохромного?
62. В каких случаях целесообразно воспользоваться плащечными цветами?
63. Из каких этапов состоит технологический цикл работы с цветным изображением?
64. Как маска слоя используется при монтаже изображений?

65. В чем преимущества маски слоя перед прямым редактированием слоя изображения?
66. Как применяют градиентные маски слоя при построении коллажа?
67. Каковы функции трансформаций изображения при построении коллажа?

Темы для обсуждения

1. Настройка инструмента рисования.
2. Режимы наложения мазка при работе с монохромными изображениями.
3. Режимы наложения мазка при работе с полноцветными изображениями.
4. Методика тоновой коррекции по уровням.
5. Методика тоновой коррекции по градационным кривым.
6. Резкость изображения и причины возникновения нерезкости.
7. Особенности тоновой коррекции цветных изображений.
8. Базовая техника коллажа и ее изобразительные возможности.

3.7. Цветовая коррекция

Цветовая коррекция — это согласованная тоновая коррекция каналов полноцветного изображения, в результате которой меняется только цветность пикселей, а их светлота остается постоянной. Методы цветовой коррекции специфичны для цветных изображений — ни у штриховых, ни у монохромных изображений аналогичных методов нет. Эта глава посвящена основным понятиям и приемам, связанным с цветовой коррекцией изображений.

3.7.1. Причины, вызывающие необходимость цветовой коррекции, и ее цели

Основная причина, вызывающая необходимость цветовой коррекции, — нарушение цветового баланса изображения. Под *цветовым балансом* в компьютерной графике понимается соотношение цветов в изображении, обеспечивающее как его общий колорит, так и верность воспроизведения цвета отдельных деталей. Основные причины нарушения цветового баланса:

- ☐ искажения в восприятии цвета сенсорами при формировании пиксельного изображения;
- ☐ неудачные условия фотосъемки цифровой камерой;
- ☐ деструктивное в отношении цветового баланса редактирование изображения;
- ☐ прогрессирующее со временем разрушение пигментов в отпечатке или негативе изображения;
- ☐ искажения цвета при печати.

Цели цветовой коррекции:

- ☐ обеспечение точного воспроизведения всех цветов оригинала;
- ☐ обеспечение естественного и приятного для наблюдателя баланса цветов;

- ❑ цветосовмещение отдельных цветов изображения, т. е. воспроизведение их в соответствии с заданным образцом;
- ❑ создание специальных цветовых эффектов.

Точная передача всех цветов оригинала — сложная задача, тесно связанная со всеми этапами технологического процесса воспроизведения изображения. Она решается совместным применением средств цветовой коррекции, профилирования и калибрования всех участвующих в нем устройств графического ввода и вывода (*см. разд. 1.3.12*) и принятием специальных мер, обеспечивающих высокую точность воспроизведения цвета, например, включением в фотографируемую сцену эталонов цвета, работой с цветовыми моделями повышенной точности, печатью с применением специальных полиграфических процессов.

Второй цели добиться значительно проще. В большинстве графических проектов с выходом на тираж, напечатанный полиграфическими методами, достаточно получить отпечатки, которые выглядят приятно и естественно, хотя и не обязательно точно воспроизводят цвета оригинала.

Третья цель — совмещение цвета — преследуется при работе с изображениями, на которых имеются запоминающиеся цвета или оттенки, которые должны воспроизводиться в точном соответствии с требованиями заказчика (например, фирменные логотипы).

Наконец, создание цветовых эффектов, достигающееся теми же приемами, что и три предыдущие цели, не может в полной мере считаться цветовой коррекцией. В этом случае уместнее говорить о преобразовании цветов.

3.7.2. Выбор цветовой модели для цветовой коррекции

В *разд. 3.6.4* были приведены соображения, которыми следует руководствоваться при выборе цветовой модели для графического проектирования. Все эти рекомендации пригодны и по отношению цветовой коррекции изображений. Кроме того, следует учитывать дополнительные факторы.

В цветовой модели RGB по сравнению со СМЮК цветовая коррекция реализуется проще, т. к. в ней меньше управляющих параметров. В цветовой модели СМЮК базовые цвета сложнее взаимодействуют между собой. Это не значит, что цветовая коррекция в СМЮК невозможна или даже нежелательна — она сложнее.

При выполнении цветовой коррекции в СМЮК необходимо принимать в расчет условия полиграфического процесса. Например, для печати на газетной

бумаге приходится принудительно ограничивать количество краски по сравнению с печатью на глянцевой мелованной бумаге. Из-за этого результат цветовой коррекции привязан к условиям печати и типу носителя.

Если цветовая коррекция выполняется в модели RGB, то ее результат подходит для любого варианта вывода, в том числе — и полиграфическим методом. В последнем случае достаточно внести определенные коррективы, но это автоматическая процедура, не требующая интеллектуального вмешательства пользователя.

Вывод получается тот же, что в *разд. 3.6.4*: для цветовой коррекции предпочтительнее модель RGB. Выполнять эту процедуру в цветовой модели CMYK следует тогда, когда исходные данные для графического проектирования представлены в этой цветовой модели, и ее преобразование нежелательно.

3.7.3. Ахроматические точки и цветовые пробы

Перед коррекцией необходимо определить, как именно искажен цветовой баланс изображения. Без этой диагностики цветовая коррекция не будет достаточно эффективной.

Наиболее распространенный тип искажения цветового баланса — *нацвет* — равномерно распределенный по изображению избыток того или иного цвета. Эффект нацвета аналогичен наложению на изображение однородно окрашенного стекла. При интенсивном нацвете его можно идентифицировать визуально. Слабый нацвет проявляется в том, что визуальное исследование изображения отмечает сдвиг цветового баланса, но не дает возможности определить его причину.

ПРИМЕЧАНИЕ

Достаточно часто причиной появления нацвета в экранном изображении может быть не дефект изображения, а плохо настроенный монитор.

Наиболее эффективный способ идентификации нацвета — цветовая проба в ахроматической точке.

Ахроматической точкой называется область пиксельного изображения, в которой значения всех трех параметров цветовой модели RGB должны быть равными.

Цветовая проба — определение значений управляющих параметров цветовой модели в заданной точке изображения. В некоторых графических редакторах существуют инструменты для работы с цветовыми пробами, позво-

ляющие указывать одно или несколько мест на изображении, после чего соответствующие этим местам цветовые формулы отображаются с помощью элементов интерфейса пользователя. В тех программных средствах, где подобных инструментов нет, приходится пользоваться инструментом отбора цвета по образцу (обычно, он имеет вид пипетки).

3.7.4. Идентификация искажения цвета

Для идентификации искажения цвета вначале необходимо проанализировать изображение и выявить на нем ахроматические точки — те места, на которых изображены белые, черные и серые фрагменты.

"Белая" точка расположена внутри фрагмента, оригинал которого был белым. Соответственно, на отпечатке пиксел, с которым совмещается "белая" точка, тоже должен стать белым. Хорошими кандидатами на роль белой ахроматической точки являются части белой одежды, облака, освещенные солнцем, белок глаза, зубы — любой фрагмент изображения, прототип которого в реальности был белым.

На рис. ЦВ-3.7.1, *а* представлен пример изображения, подлежащего цветовой коррекции. В качестве "белой" выбрана точка на салфетке (рис. ЦВ-3.7.1, *б*).



а

б

Рис. ЦВ-3.7.1. Установка белой точки: *а* — изображение для цветовой коррекции; *б* — место установки "белой" точки

При выборе "белой" точки можно воспользоваться процедурой тоновой отсечки (см. разд. 3.6.1) и с ее помощью определить, где в изображении расположены точки с наибольшей светлотой. Но следует иметь в виду, что часто самыми светлыми точками оказываются блики (в рассматриваемом случае — на ручке ножа). Пользоваться ими для цветовой коррекции не рекомендуется.

"Черная" точка расположена внутри фрагмента, оригинал которого был черным. Соответственно, на отпечатке пиксел, с которым совмещается "черная" точка, тоже должен стать черным. Хорошие кандидаты на роль черной ахроматической точки — части черной одежды и обуви, черные пластмассовые изделия (например, сотовые телефоны), ремешок часов, значок глаза.

На рис. ЦВ-3.7.2, а в качестве "черной" точки выступает край черного полированного стола. В качестве "серой" точки, прототип которой, по возможности, должен быть близок к нейтральному серому цвету, использована доска обшивки дома. На рис. ЦВ-3.7.2, б представлены результаты цветowych проб в выбранных ахроматических точках.

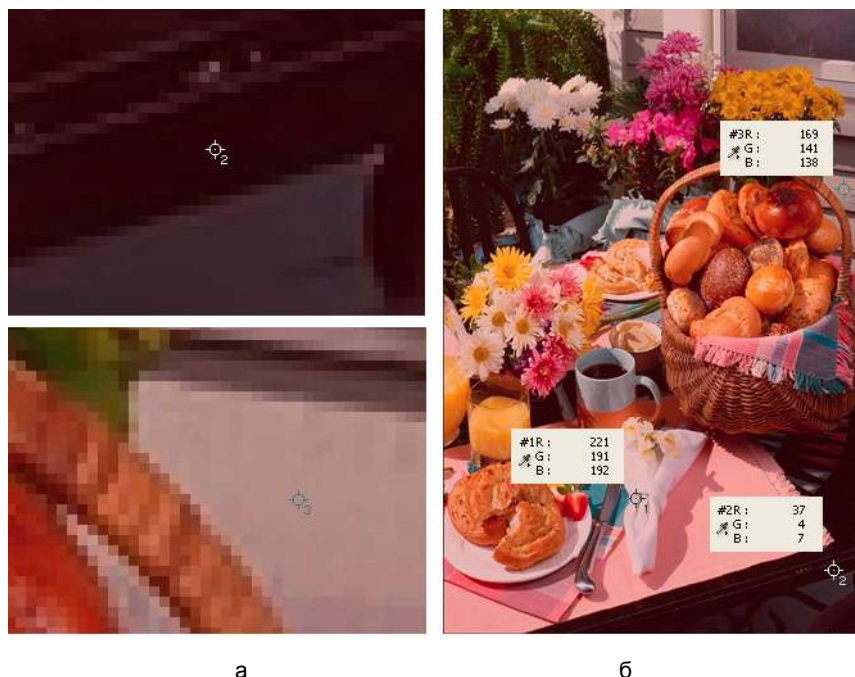


Рис. ЦВ-3.7.2. Анализ нацвета: а — установленные "черная" и "серая" точки; б — результаты цветowych проб в ахроматических точках

ПРИМЕЧАНИЕ

Выбор ахроматических точек при диагностике искажения цветового баланса — очень ответственная процедура, поскольку именно она определяет эффективность всех последующих действий цветовой коррекции.

Как показывают цветовые пробы, все три ахроматические точки, выбранные на изображении, таковыми в действительности не являются. Поскольку известны их истинные цветовые формулы, можно сделать заключение о том, какого рода искажение цветового баланса имеется в данном изображении.

Так как в ахроматических точках параметры цветовой модели должны иметь одинаковые значения, а реальные цветовые формулы этому противоречат, причиной такого явления может быть одно из двух:

- ❑ в изображении искажен цветовой баланс;
- ❑ в качестве ахроматических были выбраны части изображения, таковыми не являющиеся.

Во втором случае поиск и установку ахроматических точек придется повторить, иначе результат цветовой коррекции будет неудовлетворительным.

В первом случае следует сделать вывод о характере нацвета по преобладающему значению в цветовой формуле. В табл. 3.7.1 приведены все возможные варианты для "серой" точки.

Таблица 3.7.1. *Определение нацвета по "серой" точке*

Канал R	Канал G	Канал B	Характер нацвета
127	127	127	Отсутствует
140	127	127	Красный
127	140	127	Зеленый
127	127	140	Синий
127	140	140	Бирюзовый
140	140	127	Желтый
140	127	140	Пурпурный

ПРИМЕЧАНИЕ

При практической работе с табл. 3.7.1 следует ориентироваться не на абсолютные значения параметров, а на их соотношение. Характер нацвета определяется по заметному отличию базового параметра цветовой модели от двух других.

В имеющемся случае цветовая формула R169G141B138 говорит о том, что выбранная "серая" точка светлее нейтрального серого цвета, и что при приблизительном равенстве зеленого и синего компонентов имеется очевидное преобладание красного. Вывод очевиден — изображение засорено красным нацветом. Анализ цветовых формул "белой" и "черной" точек подтверждает сделанный вывод.

В тех случаях, когда на изображении не удастся отыскать ахроматические точки, анализ характера нацвета можно выполнить по хроматическим точкам — фрагментам изображения с известным цветом. Например, если на портрете имеется значок с государственным флагом России, для анализа доступны сразу две хроматические точки — синяя и красная. Если истинная формула цвета последней представляет собой R200G150B120, то, сравнивая ее с формулой оттенка красного R200G120B120, можно сделать вывод о наличии зеленого нацвета.

В качестве справочных хроматических точек часто пользуются фрагментами изображений тех же объектов без искажения цветового баланса.

К сожалению, не всегда искажения цветового баланса бывают равномерными, как в рассмотренном примере. Нацвет может присутствовать только в тенях или только в светах, более того, в сложных случаях характер нацвета в различных поддиапазонах тонов может не совпадать, например, тени засорены красным, а света — синим. Надежно идентифицировать нацвет можно только по нескольким ахроматическим точкам. Для большинства практических ситуаций достаточно "черной", "белой" и одной-двух "серых" точек.

3.7.5. Устранение искажений цвета с помощью тоновой коррекции по градационной кривой

На этапе идентификации характера искажения цвета выполняется расстановка ахроматических точек. В этих точках значения тонов по всем каналам цвета, предусмотренным цветовой моделью, должны быть равны. Но фактически этого нет. Задача цветовой коррекции — обеспечить такое равенство, по мере возможности не меняя светлоту выбранных ахроматических точек.

ПРИМЕЧАНИЕ

В некоторых случаях цветовая коррекция совмещается с тоновой, тогда условие неизменности светлоты ахроматической точки не соблюдается.

Наиболее удобна раздельная тоновая коррекция по каналам цвета с использованием градационных кривых (см. разд. 3.6.3). Этот метод не позволяет сохранить неизменной светлоту, поскольку меняет хроматику пикселей (а их светлота зависит от яркости и хроматики), но обеспечивает неизменную яркость. А так как при цветовой коррекции хроматика пикселей меняется в не слишком широком диапазоне, значение светлоты будет определяться, главным образом, яркостью.

В цветовой модели RGB яркость определяется как сумма управляющих параметров по всем трем цветовым каналам. Поэтому условия определения цветовой коррекции для ахроматических точек можно сформулировать следующим образом:

- Значения параметров модели цвета в ахроматической точке после цветовой коррекции должны быть равны между собой.
- Суммы значений параметров модели цвета в ахроматической точке до и после цветовой коррекции должны быть равными.

Формально это можно записать так:

$$R_{\text{кор}} = G_{\text{кор}} = B_{\text{кор}} = (R_{\text{исх}} + G_{\text{исх}} + B_{\text{исх}}) / 3, \quad (3.7.1)$$

где $R_{\text{исх}}$, $G_{\text{исх}}$, $B_{\text{исх}}$ и $R_{\text{кор}}$, $G_{\text{кор}}$, $B_{\text{кор}}$ — значения тона по каналу красного, зеленого и синего цветов до и после цветовой коррекции соответственно.

Выполняется этот прием следующим образом:

1. Для всех установленных на изображении ахроматических точек по формуле (3.7.1) вычисляют новые значения параметров цветовой модели.
2. В состав графического документа вводят корректирующий слой тоновой коррекции по градационным кривым.
3. На градационных кривых, соответствующих каналам цвета, устанавливаются дополнительные точки, соответствующие исходным значениям тонов канала для всех выбранных ахроматических точек.
4. Установленные дополнительные точки смещают по вертикали так, чтобы откорректированные значения тонов соответствовали расчетным.

После этого цветовой баланс изображения должен значительно улучшиться. На рис. ЦВ-3.7.3 приведены исходное изображение и результат его цветовой коррекции по описанному алгоритму.

В полученном изображении значительно уменьшилось искажение цветового баланса, но при этом несколько сузился его тоновый диапазон, что может потребовать дополнительной тоновой коррекции.



Рис. ЦВ-3.7.3. Цветовая коррекция по ахроматическим точкам:
а — исходное изображение; б — результат цветовой коррекции

3.7.6. Полная схема цветовой коррекции

Цветовую коррекцию нельзя рассматривать в отрыве от остальных этапов технологического процесса графического проектирования с использованием полноцветных изображений. Далее приведен перечень всех этапов, на которых приходится учитывать возможность искажения цветового баланса и предпринимать меры для его исключения:

- ☐ Коррекция контраста.
- ☐ Глобальная коррекция цветового баланса.
- ☐ Выборочная коррекция запоминающихся цветов.
- ☐ Коррекция насыщенности цвета.
- ☐ Коррекция контурной резкости.
- ☐ Преобразование в цветовую модель СМΥК для печати.

Этот перечень расширенный — далеко не во всех графических проектах и не со всеми изображениями приходится выполнять все перечисленные этапы.

Контраст улучшают методами тоновой коррекции (см. разд. 3.6.2). Здесь остановимся только на особенностях тоновой коррекции полноцветного изо-

бражения. В *разд. 3.7.4* отмечалось, что тоновая коррекция композитного изображения может привести к искажениям цветового баланса. Когда тоновая коррекция цветного изображения достаточно радикальная, такие искажения неизбежны. Если они недопустимы, целесообразно выполнять цветовую и тоновую коррекцию на одном этапе:

- ❑ Методом тоновой коррекции по уровням выполняют отдельную растяжку тоновых диапазонов во всех каналах цвета полноцветного изображения. Это делают так, чтобы в соответствующих каналах монохромных изображений максимально приблизить динамический диапазон к полному тоновому диапазону, но исключить при этом деградацию деталей в тенях и светах.
- ❑ При выполнении цветовой коррекции значения параметров цветовой модели рассчитывают только для "серых" ахроматических точек. В "черной" точке задают значение $R_{\text{кор}} = G_{\text{кор}} = B_{\text{кор}} = 0$, а в "белой" — значение, предотвращающее деградацию деталей в светах при печати офсетным методом (для разных условий печати — от 230 до 245, см. *разд. 3.11.4*).

Как правило, результаты такого совмещения этапов получаются лучше, чем при последовательном выполнении тоновой и цветовой коррекции.

3.7.7. Выборочная цветовая коррекция запоминающихся цветов

Запоминающимся условно называют цвет, часто встречающийся в окружающей среде, и из-за этого всем хорошо известный. Цвет мандарина, банки кока-колы, городских автобусов — примеров можно привести очень много. Но наиболее важные из цветов, относящихся к этой категории, — оттенки кожных покровов. Из-за этого любые погрешности в воспроизведении цвета лица и рук на фотографиях и иллюстрациях очень заметны. Кроме того, именно фотографии плохо поддаются цветовой коррекции по описанной ранее схеме. Серые пятна на лице — большая редкость, черным даже у негроидов бывает обычно только зрачок, а белки глаз могут быть не слишком белыми.

В этом разделе описана методика цветовой коррекции кожи лица на фотографии, но применять ее можно для любого запоминающегося цвета.

Если после выполнения глобальной коррекции цветового баланса по ахроматическим точкам изображение остается неудовлетворительным в плане воспроизведения запоминающегося цвета, как на рис. ЦВ-3.7.4, *а*, следует построить выделенную область, включающую в себя фрагменты изображения, подлежащие выборочной коррекции.

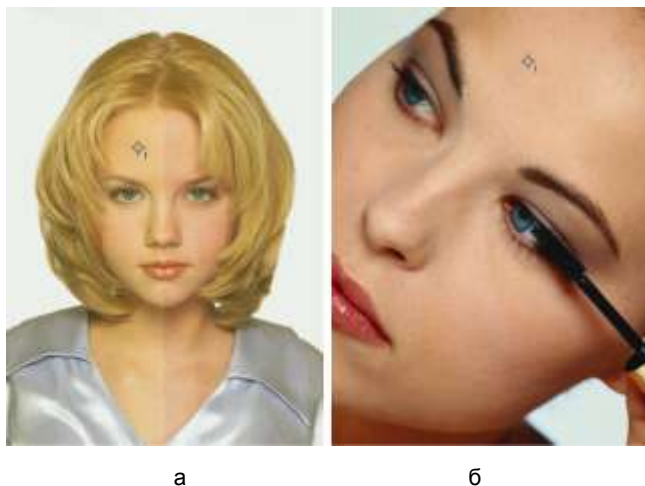


Рис. ЦВ-3.7.4. Выборочная цветовая коррекция: а — исходное изображение (слева) и результат выборочной коррекции по образцу; б — образец цвета кожи

В рассматриваемом примере в выделенную область должно войти лицо, шея и область декольте, и из нее необходимо исключить глаза, губы и прическу. Выделенную область следует растушевать (см. разд. 3.5.2).

Затем на выделенном фрагменте нужно выбрать совмещаемую точку и установить в ней цветовую пробу. Суть приема состоит в совмещении цвета в этой точке с эталонным цветом. Эталонные цвета можно найти в коллекциях клипарта или фотографиях, качество цветового баланса которых не вызывает сомнений. На эталонном изображении также необходимо установить цветовую пробу. Место ее установки не имеет значения, важен только цвет изображения в этом месте.

Затем следует выровнять светлоту образца со светлотой совмещаемой точки корректируемого изображения. Для этого достаточно сравнить формулы цветовых проб в модели цвета Lab. Повысить или понизить светлоту образца можно корректировкой светлоты — для этого в большинстве графических редакторов имеются соответствующие методы (желательно воспользоваться корректирующим слоем соответствующего типа, см. *следующий подраздел*). После совмещения по светлоте следует записать цветовую формулу образца. Далее изображение с образцом уже не понадобится.

Наконец, следует совместить цвет в точке корректируемого изображения с цветом, заданным цветовой формулой образца. Это делается методом коррекции по тоновой кривой точно так же, как в методе глобальной цветовой коррекции (см. разд. 3.7.5).

ПРИМЕЧАНИЕ

Приведем для справки цветовые формулы некоторых типов кожи: светлая детская R244G222B204, светлая кожа взрослого европеоида R213G172B129, загорелая кожа взрослого европеоида R191G139B85, темная кожа R136G105B75, кожа взрослого негроидного типа R65G57B52.

3.7.8. Коррекция цветовой насыщенности и контурной резкости

После цветовой коррекции искажения цветности в изображении должны быть устранены или, по крайней мере, значительно уменьшены. Но при этом насыщенность цветов может оказаться недостаточной. В этом случае следует воспользоваться методом коррекции цветовой насыщенности.

Этот метод реализуется в графических редакторах как коррекция изображения в цветовой модели HSL (см. разд. 1.3.7). Повышение насыщенности цвета в изображении или в его выделенной области осуществляется увеличением значения параметра S цветовой формулы его пикселей. На рис. 3.7.5 представлен вариант реализации интерфейса коррекции изображения в цветовой модели HSL в Adobe Photoshop CS2.

При увеличении цветовой насыщенности нужно соблюдать осторожность, чтобы не выйти за пределы цветового охвата устройства, на которое предполагается выводить изображение.

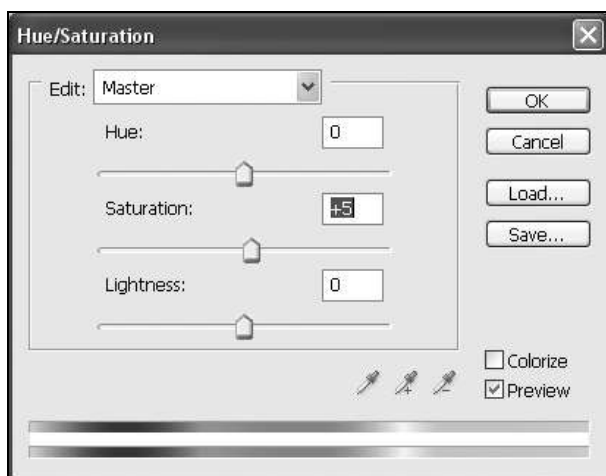


Рис. 3.7.5. Реализация интерфейса пользователя для метода коррекции изображения в цветовой модели HSL

Для коррекции светлоты и цветовой насыщенности нет необходимости преобразовывать изображение к цветовой модели HSL, но это может оказаться целесообразным для выполнения коррекции контурной резкости.

При имитации увеличения контурной резкости (см. разд. 3.6.2) вдоль контуров строятся области пикселей с пониженной и повышенной светлотой. При выполнении этого с пикселями полноцветного изображения могут возникать цветовые искажения, в результате чего вдоль кромок появятся цветные полосы постороннего цвета. В компьютерной графике подобные артефакты называют *цветным гало* или *цветным ореолом*.

Чтобы избежать этого, корректировать контурную резкость целесообразно не на композитном полноцветном изображении, а на монохромном, соответствующем его каналу светлоты.

Список новых терминов

- ☐ Цветовая коррекция
- ☐ Цветовой баланс
- ☐ Нацвет
- ☐ Ахроматическая точка
- ☐ Цветовая проба
- ☐ Запоминающийся цвет
- ☐ Цветное гало (ореол)

Контрольные вопросы

1. Чем цветовая коррекция отличается от тоновой?
2. По каким причинам может нарушаться цветовой баланс изображения?
3. Какие цели могут преследоваться при выполнении цветовой коррекции?
4. Чем обусловлена сложность точного воспроизведения цветов?
5. В чем состоят отличия процедур цветовой коррекции изображений в цветковых моделях RGB и CMYK?
6. За счет чего в изображениях возникает нацвет?
7. Как в цветовой коррекции используются ахроматические точки, в которых цвет отсутствует?
8. Каков характер нацвета, если цветовая проба в "серой" точке дала цветовую формулу R180G170B150?

9. Как можно выполнить цветовую коррекцию изображения, в котором нет ахроматических точек?
10. Почему нацвет следует идентифицировать по нескольким ахроматическим точкам?
11. Чем обусловлена важность выбора ахроматических точек при цветовой коррекции?
12. Какие этапы включает в себя полная схема цветовой коррекции?
13. В каких случаях целесообразно объединение процедур тоновой и цветовой коррекции?
14. В чем состоит прием выборочной цветовой коррекции запоминающегося цвета?
15. Для чего корректируют по светлоте образец цвета при выборочной цветовой коррекции?
16. Для какой цели при цветовой коррекции используется цветовая модель HSL?

Темы для обсуждения

1. Сравнительный анализ цветовой коррекции изображений в цветовых моделях RGB и CMYK.
2. Упрощенные схемы цветовой коррекции.
3. Особенности последовательного и совместного выполнения тоновой и цветовой коррекции.
4. Специфика коррекции контурной резкости полноцветного изображения.

3.8. Тексты в составе пиксельного изображения

Большинство графических проектов, в том числе и состоящих исключительно из пиксельных изображений, включают в себя тот или иной объем текста. В некоторых проектах текст является основным выразительным средством. Это послужило мощным стимулом развития методов работы с текстами в программных средствах пиксельной компьютерной графики.

В первоначальных версиях пиксельных графических редакторов возможности работы с текстами ограничивались нанесением на изображение небольших надписей, которые немедленно преобразовывались в пиксельную модель, после чего к ним было невозможно применить ни один из методов работы с векторными текстами, рассмотренных в *главе 2.5*. В современных пиксельных графических редакторах текст введен в информационную модель графического документа в векторной форме, а методы работы с ним не только разнообразны и мощны, но и, к сожалению, достаточно сложны в изучении и применении.

Впрочем, графические проекты, предполагающие использование текстов больших объемов, целесообразнее выполнять все-таки с помощью программных средств верстки или векторной графики. В этой главе приведен краткий обзор аспектов работы с текстами, специфических для многослойных пиксельных графических документов.

3.8.1. Текстовые слои

Текстовым слоем называется структурная единица многослойного пиксельного графического документа, являющаяся носителем фигурного или простого текста, представленного в векторной форме.

Текстовый слой участвует в рендеринге изображения наравне со всеми остальными слоями, и все методы работы, описанные в *разд. 3.4.1–3.4.2*, могут применяться и к текстовым слоям. Вот основные из них:

- ☐ назначение степени прозрачности слою;
- ☐ назначение слою режима наложения;

- ❑ аффинные преобразования и трансформации слоя;
- ❑ назначение маски слоя;
- ❑ введение слоя в состав макетных групп.

При рендеринге векторное изображение на текстовом слое временно преобразуется в свой пиксельный аналог, который и участвует в процедуре построения итогового изображения так же, как все слои с пиксельными изображениями — в соответствии со степенью прозрачности и местоположением в стопке слоев.

На рис. 3.8.1 приведен пример текстового слоя. Текст с заливкой белым цветом и без обводки размещен на текстовом слое, к содержимому которого применено масштабное преобразование — буквы несколько вытянуты по вертикали.



Рис. 3.8.1. Текст с белой заливкой на полупрозрачном слое

Кроме того, для слоя задана степень прозрачности 25%. Поскольку текст сохраняется на слое в векторной форме, несмотря на связанные со слоем преобразования, он может быть отредактирован и отформатирован с применением всех методов работы с фигурными текстами (см. разд. 2.5.1–2.5.2).

ПРИМЕЧАНИЕ

Это объясняется тем, что трансформации выполняются не над описанием текста в векторной форме, а над результатом его преобразования в пиксельную форму, как часть операции рендеринга.

3.8.2. Оболочки и эффекты слоя

Один из вариантов преобразования слоя, достаточно часто применяющийся к текстовым слоям в многослойных пиксельных графических документах, — трансформация *оболочки*. Функционально оболочки слоя эквивалентны описанным в *разд. 2.8.2* огибающим. Назначение слою с фигурным текстом оболочки, так же, как и любой другой трансформации, не мешает его последующему форматированию и редактированию. На рис. 3.8.2 представлены некоторые из возможных форм оболочек, примененные к текстовым слоям с одинаковым текстом.



Рис. 3.8.2. Текст, заключенный в оболочки различных форм

В некоторых программных средствах пиксельной графики любому, в том числе текстовому, слою может быть сопоставлен эффект слоя. *Эффектом слоя* называется автоматическое преобразование изображения слоя в соответствии с тем или иным алгоритмом. Эффекты слоя применяются для имитации падающей тени, тиснения, свечения, заливки текстурой и цветом.

Эффект и его параметры — это атрибуты слоя в целом, и его действие, проявляющееся при рендеринге, распространяется на любой фрагмент изображения, в котором имеются пиксели с ненулевой степенью прозрачности.



Рис. 3.8.3. Текст в оболочке как базовый слой макетной группы, к которому применен эффект подушечного тиснения

На рис. 3.8.3 представлен пример, в котором совместно использованы несколько приемов.

При подготовке примера выполнили следующие действия:

1. На нижний слой графического документа поместили отсканированное изображение кожаной обложки ежедневника, выбранное в качестве текстуры.
2. Поверх нижнего слоя создали текстовый слой с векторным текстом.
3. Текстовому слою назначили оболочку и эффект подушечного тиснения.
4. Поверх текстового слоя поместили копию нижнего слоя с текстурой.
5. Из копии текстуры и текстового слоя построили макетную группу (см. разд. 3.5.4), в результате чего видимыми остались только пиксели верхнего слоя с копией текстуры, располагающиеся поверх текста.

3.8.3. Текст и векторные траектории

Тенденция к интеграции возможностей векторной и пиксельной графики привела к тому, что в некоторых пиксельных графических редакторах в информационной модели документа появились векторные объекты, в частности векторные кривые, которые в терминологии пиксельной графики чаще называются *траекториями* (paths). Они располагаются на специальных слоях, не участвующих в рендеринге, и используются для служебных целей (в качестве направляющих для мазков инструментов рисования, границы маски, маски-слоя и т. п.). По отношению к текстам пиксельных документов векторные траектории играют ту же роль, что и в векторной графике.

На рис. 3.8.4 представлен вариант размещения фигурного текста на векторной траектории (см. разд. 2.5.9).



Рис. 3.8.4. Текст на векторной траектории

ПРИМЕЧАНИЕ

Поскольку слои с векторными кривыми (траекториями) не участвуют в рендеринге, на рис. 3.8.4 и 3.8.5 для их отображения были предприняты специальные меры (в стандартном режиме они на изображении не проявляются).

На рис. 3.8.4 представлен фрагмент простого текста, верстка которого выполняется в рамке, роль которой играет замкнутая векторная траектория (см. разд. 2.5.6).

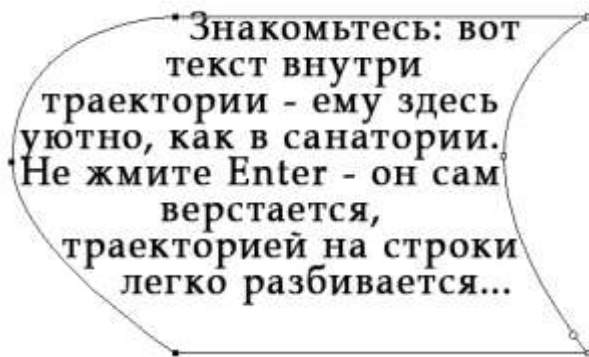


Рис. 3.8.5. Текст внутри замкнутой векторной траектории

На момент работы над книгой автору не было известно ни одного пиксельного графического редактора, в котором реализована схема верстки простого текста в нескольких связанных рамках. В остальном функциональные возможности верстки текста в пиксельных и векторных редакторах практически сблизились.

3.8.4. Растеризация текста

Важнейшая особенность текстового слоя в пиксельном документе — векторный характер информационной модели. Текст преобразуется в пиксельное изображение только при рендеринге. Следовательно, при выводе на печать на устройствах с высоким аппаратным разрешением, это преобразование будет выполнено не с разрешением вывода, назначенным пиксельному документу (см. разд. 3.1.2–3.1.3), а с максимальным аппаратным разрешением печатающего устройства (при выводе на PostScript-устройства). Это гарантирует резкость границ символов текста даже в тех случаях, когда пиксельное изображение заметно зернистое.

Но иногда все-таки требуется пиксельное представление текста. Чаще всего это связано с необходимостью радикальных преобразований формы или заливки символов текста, которые нельзя выполнить в рамках трансформаций и эффектов слоя. В этих случаях прибегают к операции растеризации. *Растеризацией* называется операция преобразования векторного текста в соответствующее ему пиксельное изображение. Функционально растеризация текста и любого векторного изображения аналогичны (см. разд. 2.9.3). Значения управляющих параметров операции в различных программах пиксельной графики могут назначаться по умолчанию или задаваться в явном виде, за исключением разрешения — эта величина всегда устанавливается по умолчанию равной разрешению, назначенному пиксельному графическому документу в целом.

На рис. 3.8.6 представлен вариант преобразования пиксельного изображения, полученного в результате растеризации текстового слоя.



Рис. 3.8.6. Текст после растеризации текстового слоя и применения фильтра

Список новых терминов

- ☐ Текстовый слой
- ☐ Оболочка текста
- ☐ Эффект слоя
- ☐ Траектория
- ☐ Растеризация текста

Контрольные вопросы

1. В чем особенности текстовых слоев?
2. Какие возможности работы с пиксельными слоями неприменимы к текстовым слоям?
3. Как можно использовать текстовый слой в качестве маски пиксельного слоя?
4. Почему применение трансформации слоя к текстовому слою не приводит к преобразованию текста в пиксельное представление?
5. Что представляет собой оболочка текста?
6. Для какой цели к текстовым слоям применяются эффекты слоя?
7. Какие векторные элементы вводят в информационную модель пиксельного документа, кроме текстов?
8. Почему траектории не участвуют в рендеринге изображения?
9. Как тексты используют совместно с векторными траекториями?
10. Для какой цели выполняют растеризацию текстовых слоев?

Темы для обсуждения

1. Изобразительные возможности векторного и пиксельного текста.
2. Совместное применение текстовых слоев и эффектов слоя.

3.9. Дополнительная техника работы с пиксельными изображениями

В этой главе рассматриваются некоторые из приемов работы с пиксельными изображениями, ставшие де-факто стандартными в практике графического проектирования.

В последних разделах главы приведены сведения о приемах имитации традиционной художественной техники живописи и графики.

3.9.1. Фильтры эффектов

Максимум усилий пользователя при графическом проектировании приходится на выполнение последовательностей операций редактирования пиксельного изображения, результатом которых является тот или иной визуальный эффект. Возможностей современных графических редакторов вполне достаточно, чтобы реализовать практически любое преобразование изображения. Многие визуальные эффекты составляют ноу-хау разработавших их дизайнеров и художников. Другие получили очень широкое распространение, и для ускорения выполнения действий, необходимых для их создания, имеется широкий ассортимент дополнительных модулей — так называемых фильтров эффектов.

Фильтр эффекта — дополнительный программный модуль, реализующий процедуру преобразования пиксельного изображения или его выделенной части в соответствии с тем или иным алгоритмом и управляющими параметрами.

В настоящее время наблюдается тенденция унификации способа подключения дополнительных модулей к графическим редакторам. Это привело к развитию индустрии разработки коммерчески распространяемых фильтров эффектов, которыми можно пользоваться в сочетании с любой программой пиксельной графики. Номенклатура существующих фильтров эффектов переросла за тысячу названий. В этом разделе кратко рассматриваются основные приемы применения фильтров и их краткая классификация (справочники

только по широко распространенным фильтрам сегодня представляют собой отдельные многотомные издания).

Воздействие фильтра эффекта на изображение можно рассматривать как расчет по формулам новых управляющих значений модели цвета для всего изображения или для его выделенной части. При этом учитываются значения управляющих параметров, степень прозрачности пикселей, фоновый и основной цвета на момент применения фильтра. Большинство фильтров не могут работать со штриховой моделью. Имеются ограничения на применение фильтров к монохромным изображениям и изображениям в цветовой модели СМУК.

После применения любого фильтра можно отрегулировать степень его воздействия на изображение. Процедура регулирования похожа на взаимодействие слоев через режимы наложения. Можно считать, что результат применения фильтра помещается на временный слой, прозрачность и режим наложения которого можно менять. Если сразу после применения фильтра не выполняется регулировка степени воздействия, то временный слой соединяется со слоем исходного изображения, и дальнейшая коррекция становится невозможной.

Если перед применением фильтра эффекта выделить часть изображения, то действие фильтра распространится только на выделенную область. Если в ней имеются пиксели с заданной степенью выделенности (например, в результате растушевки выделенной области или применения маски), воздействие фильтра на такие пиксели ослабится. Например, применение фильтра к пикселям, со степенью выделенности 20%, равносильно воздействию фильтра на эти же пиксели, выделенные полностью, с последующим ослаблением действия фильтра на 80%.

На рис. 3.9.1 представлено исходное изображение и результат применения к нему фильтра скручивания.

На рис. 3.9.2, *а* показан результат применения фильтра с последующим ослаблением степени воздействия. Видно, что ослабление относится только к степени прозрачности временного слоя с результатом преобразования, но не влияет на степень скручивания — сквозь изображение, построенное фильтром, видны пиксели исходного изображения.

На рис. 3.9.2, *б* показан результат применения фильтра с предварительным построением выделенной области (в нее вошли пиксели левой верхней четверти изображения).

Как уже отмечалось, номенклатура фильтров эффектов огромна, и их классификация пока достаточно условна, однако ее придерживаются большинство

разработчиков программных средств пиксельной графики. Выделяют следующие категории:

- *Имитационные фильтры эффектов* (категория Artistic) — имитируют традиционную технику художника и графика. Большинство фильтров названы по соответствующим инструментам художника. Некоторые фильтры упоминаются в последних разделах этой главы.

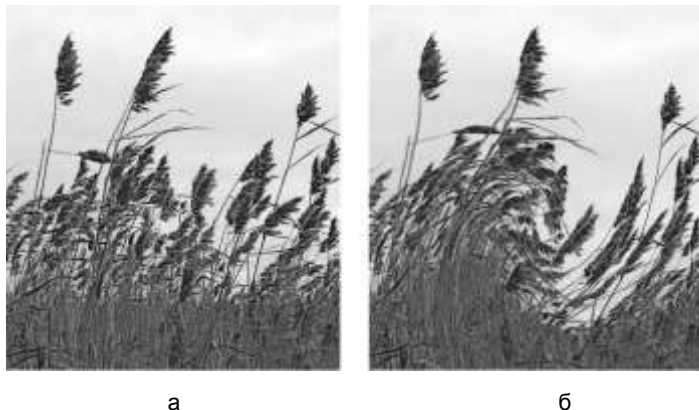


Рис. 3.9.1. Применение фильтра эффекта:
а — исходное изображение; б — результат действия фильтра

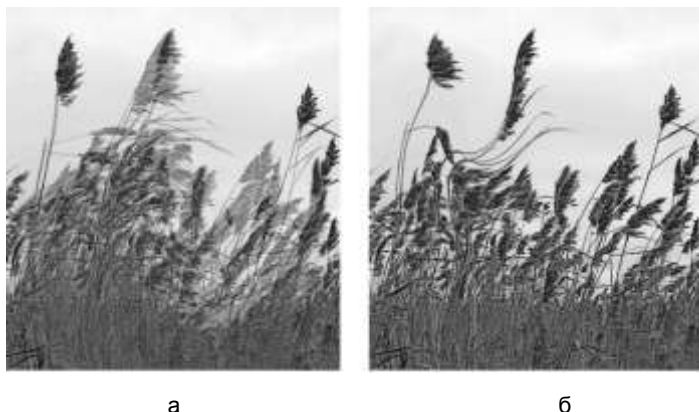


Рис. 3.9.2. Применение фильтра эффекта:
а — ослабление действия фильтра;
б — применение фильтра при наличии выделенной области

- ❑ *Размывающие фильтры* (категория Blur) — снижают резкость изображения за счет размытия границ, разделяющих области с однородной заливкой. В результате пиксеты границ получают некие усредненные цвета. Очень важная категория фильтров, часто применяющаяся при работе с изображениями. Наиболее популярны фильтры размытия по Гауссу и фильтры, имитирующие движение за счет добавления к движущимся объектам размытого "шлейфа".
- ❑ *Фильтры, моделирующие мазки инструментов* (категория Brush strokes) — еще одна группа фильтров, имитирующих традиционную технику живописца и графика. Большинство этих фильтров удаляют из изображения мелкие детали и формируют группы пикселей, соответствующие мазкам кисти, шпателя, штрихам карандаша, угля, мела и т. д. Применяя фильтры этой группы, можно ввести в изображение дополнительную текстуру, имитирующую основу, на которую наносится изображение (холст, картон, бетон, штукатурка).
- ❑ *Деформирующие фильтры* (категория Distort) — имитируют двухмерные и трехмерные эффекты, искажающие изображение: завитки, рябь, тиснение и сжатие, закручивание, преобразование координат, искривление в соответствии с заданной кривой, волны и многое другое.
- ❑ *Фильтры, добавляющие и убирающие визуальный шум* (категория Noise) — позволяют работать с визуальным шумом (отдельными пикселями и малыми группами пикселей со случайными смещениями цветовых тонов). Такие фильтры полезны для устранения помех с изображений и для восстановления полного диапазона тонов изображения, на гистограмме тонов которого в результате тоновой или цветовой коррекции появились щелевидные зазоры.
- ❑ *Фильтры оформления* (категория Pixelate) — эквивалентны фильтрам, имитирующим мазки инструментов художника, только на этот раз не ставится задача имитации традиционной техники. Форма создаваемых групп пикселей с однородной заливкой намеренно причудлива: геометрические фигуры, обрывки цветной бумаги, кристаллы, фрагменты мозаики, цветные точки.
- ❑ *Фильтры эффектов визуализации* (категория Render) — несколько фильтров, формирующих блики, тени и эффекты освещения.
- ❑ *Фильтры повышения резкости* (категория Sharpen) — предназначены для увеличения контраста изображения, очень часто применяются на практике. Обнаруживая в изображении перепады яркости (границы), фильтры этой группы позволяют дополнительно подчеркнуть их, что субъективно воспринимается как увеличение резкости изображения (см. разд. 3.6.2).

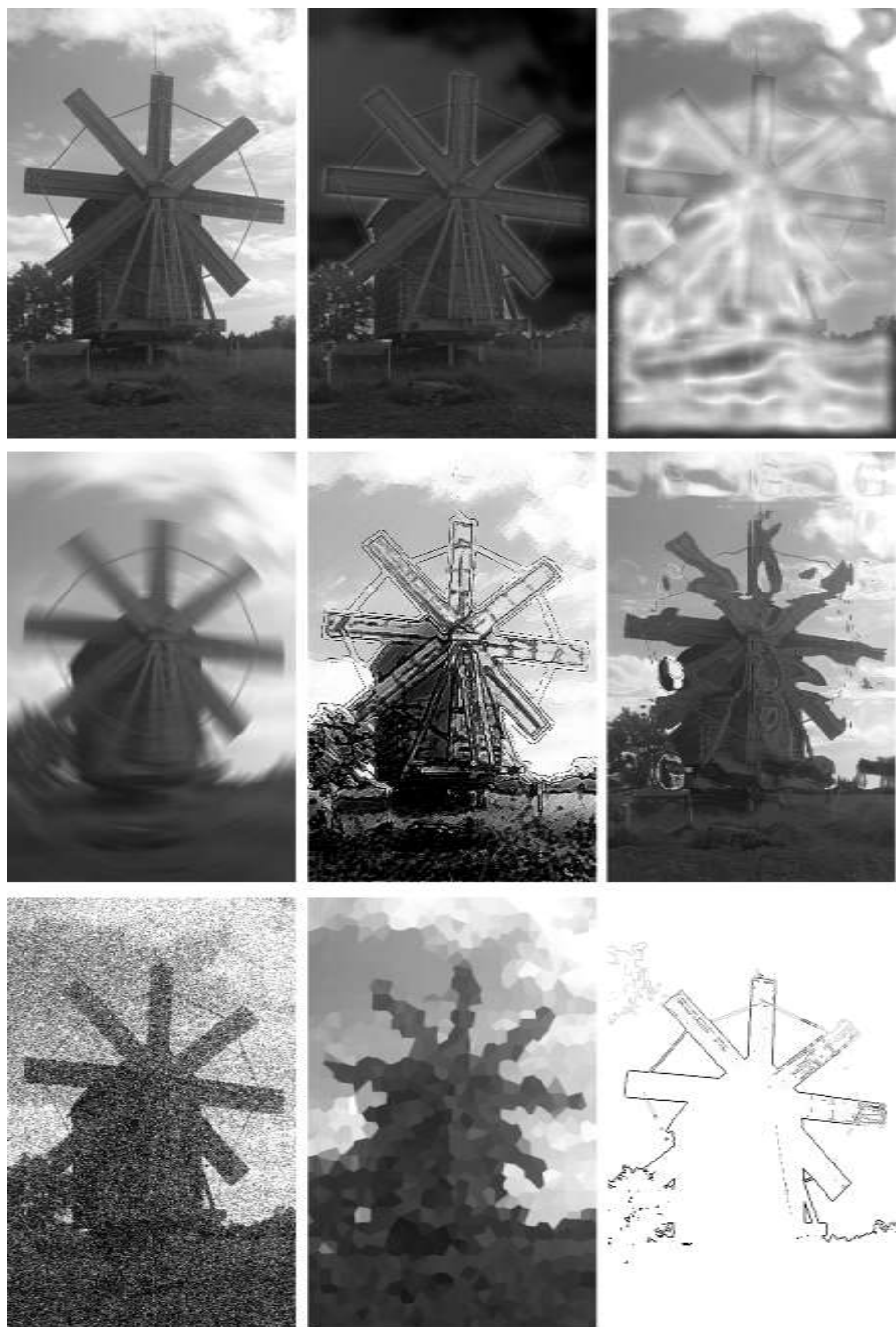


Рис. 3.9.3. Исходное изображение и результаты применения к нему фильтров эффектов

- ❑ *Фильтры преобразования в эскиз* (категория Sketch) — преобразуют исходное изображение в нечто, напоминающее графическую работу. Многие фильтры этой группы радикально сокращают количество цветовых тонов, пользуясь при этом текущими цветами переднего плана и фона.
- ❑ *Фильтры стилизации* (категория Stylize) — формируют несколько гипертрофированные стилизованные изображения высокой контрастности на основе поиска и выделения границ с последующей обработкой заключенных в них областей.
- ❑ *Фильтры текстуризации* (категория Texture) — фильтры эффектов, добавляющие в изображение различные текстуры, характерные как для традиционной, так и для новой художественной техники: кракелюры, зернистость, структуру холста, мозаику, произвольную текстуру, формируемую на основе тонового распределения изображения, хранящегося в другом документе.
- ❑ *Прочие фильтры* (категория Other) — фильтры, которые по различным причинам "не вписываются" ни в одну из приведенных ранее групп.

На рис. 3.9.3 приведен пример применения фильтров различных категорий к одному и тому же исходному изображению.

3.9.2. Раздельная регулировка контрастности изображения

Регулировка контраста изображения в любых пределах — один из самых мощных инструментов компьютерной графики. Регулировка контраста приводит к утрате тонких деталей (см. разд. 3.6.3), но они не всегда необходимы. Устранение избыточной информации делает изображение лаконичней. Результат графического проектирования не должен содержать несущественной визуальной информации, в нем все детали должны работать на направление ассоциативного аппарата зрителя в желаемую для художника сторону. Именно это обуславливает важность инструментов регулирования контраста.

При снижении контраста изображения быстро исчезают мелкие детали, а крупные объекты становятся менее отчетливыми, размываются. При повышении контраста главные фрагменты изображения, его основные линии сохраняются. За счет устранения мелких деталей они даже подчеркиваются.

Технически усиление контраста достигается за счет тоновой коррекции по уровням, градационным кривым (см. разд. 3.6.2) и (в предельном варианте) — тоновой отсечки (см. разд. 3.6.1). Но эти операции нельзя выполнять механически, без учета характера изображения. Дело в том, что избыточная

визуальная информация может располагаться в различных тоновых поддиапазонах, неравномерно в пределах изображения. В таких случаях равномерное тоновое преобразование всего изображения будет недостаточным для одного фрагмента и избыточным для другого. Во избежание этого часто приходится разделять изображение на отдельные части, и выполнять тоновую коррекцию отдельно для каждой из них.

Рассмотрим в качестве примера снимок, представленный на рис. 3.9.4, *а*. В нем выделяются три фрагмента: арка, в изображении которой почти нет деталей, крепостная стена и башня, представляющая наибольший интерес.

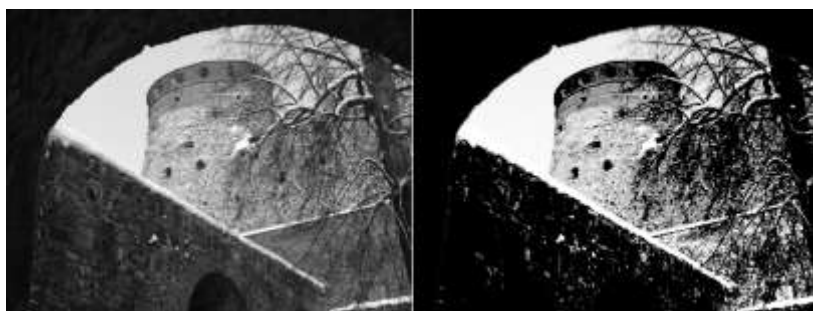
*а**б*

Рис. 3.9.4. Раздельное увеличение контраста: *а* — исходное изображение; *б* — изображение повышенного контраста

Сначала эти фрагменты изолировали в отдельных выделенных областях. Затем к каждой области применили тоновую коррекцию, в процессе которой контрастность изображения контролировали визуально и доводили до желаемой степени (рис. 3.9.4, *б*).

Если устранять избыточную визуальную информацию не требуется, и достаточно лишь дополнительно выделить главные элементы изображения, можно воспользоваться приемом наложения на основное изображение его версии с повышенным контрастом, в которой часть пикселей прозрачна (рис. 3.9.5).

Последовательность выполнения такого приема может быть следующей:

1. В изображении строят выделенную область, включающую все фрагменты, которые необходимо усилить, и остальную часть изображения (в рассматриваемом примере это снег под крепостной стеной, небо и деревья на заднем плане) маскируют.
2. Выделенные фрагменты преобразуют в высококонтрастную версию с помощью приемов тоновой коррекции, возможно, многократного. Необходи-

можно получить аналог линейного рисунка. При этом отдельные линии можно стирать или добавлять по мере необходимости.

3. Высококонтрастную версию изображения помещают поверх исходной, и для нее назначают режим наложения слоя с умножением или с затемнением.



Рис. 3.9.5. Повышение контрастности с помощью дополнительного слоя:
а — исходное изображение; б — результат наложения дополнительного слоя

3.9.3. Обесцвечивание, раскрашивание и перекрашивание

Обесцвечивание — подавление цвета в изображении или ослабление его насыщенности. При преобразовании цветовой модели к монохромной (см. разд. 3.6.2) обесцвечивание выполняется преобразованием в цветовую модель Lab с отбрасыванием цветовых каналов — в качестве основного изображения сохраняется монохромное изображение канала светлоты.

Такой подход в большинстве случаев приводит к искажению динамического диапазона изображения, поскольку различные цвета одинаковой светлоты будут преобразованы к одному и тому же тону. Микширование каналов цвета позволяет частично управлять этим процессом, подбирая степень вклада тона каждого из цветовых каналов в итоговый монохромный тон пиксела изображения.

На рис. ЦВ-3.9.6 представлены два варианта преобразования цветного изображения лилии в монохромное изображение с микшированием цветовых каналов.



Рис. ЦВ-3.9.6. Микширование цветовых каналов: а — исходное изображение; б — исключен канал синего цвета; в — исключен канал красного цвета

На рис. ЦВ-3.9.6, б микширование было выполнено в пропорциях $R58\%+G58\%-B16\%$, а в на рис. ЦВ-3.9.6, в — в пропорциях $G58\%+B58\%-R16\%$.

Частичное обесцвечивание выполняют снижением цветовой насыщенности с помощью специальных команд или сжатием тонового диапазона канала S цветовой модели HSB/HSL. Того же эффекта можно добиться, размещая полноцветное изображение на слое, расположенном поверх его копии с монохромной версией, и регулируя степень прозрачности слоя с цветным изображением.

Раскрашиванием (или *тонированием*) монохромного изображения называется назначение хроматических цветов его отдельным областям с сохранением распределения тонов, заданного исходным монохромным изображением.

В первой половине XX века было очень популярно раскрашивание монохромных фотографий на матовой бумаге с помощью цветных карандашей, сквозь тонкий слой пигмента которых отчетливо просматривались тона изображения. Имитация этого приема, дающая необычные и привлекательные изображения, выполняется следующим образом:

1. Монохромное изображение преобразуют в цветовую модель RGB или CMYK.
2. С помощью инструментов выделения строят и сохраняют в альфа-каналах (см. разд. 3.5.4) выделенные области, подлежащие раскрашиванию различными цветами.

3. Поверх изображения накладывают слои с однородной заливкой, каждый из которых соответствует одному из цветов раскрашивания.
4. Каждому слою с однородной заливкой назначают маску слоя, соответствующую выделенной области.
5. Замаскированным слоям с однородной заливкой назначают режимы наложения слоя с умножением (Multiply) или с передачей цвета (Color).
6. Выполняют тонкие настройки цвета с помощью регулирования прозрачности слоев и параметров однородной заливки.

На рис. ЦВ-3.9.7 представлен пример раскрашивания фотопортрета начала XX века.

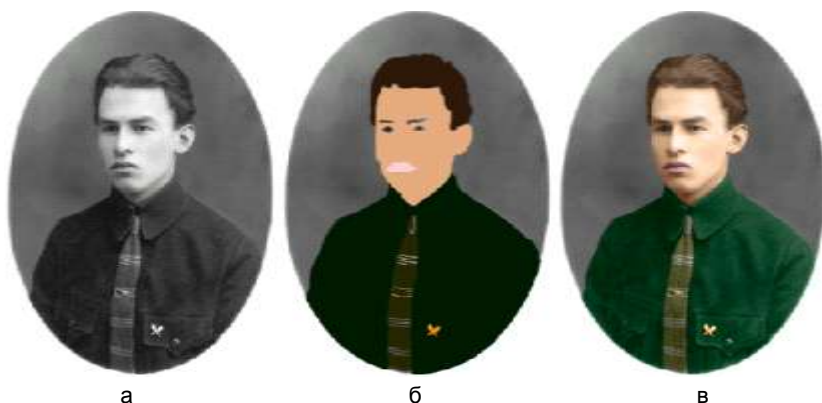


Рис. ЦВ-3.9.7. Раскрашивание: а — исходное монохромное изображение; б — вид после выполнения шага 4; в — окончательный результат

Еще один прием раскрашивания монохромного изображения применяется для работы над сравнительно небольшими участками:

1. Поверх слоя с монохромным изображением создают новый слой.
2. Для этого слоя устанавливают степень прозрачности 35–60%.
3. Задают режим наложения слоя с умножением (Multiply) или с передачей цвета (Color).
4. Выбирают нужный цвет переднего плана.
5. С помощью кисти небольшого диаметра на слой наносят мазки, перекрывающие раскрашиваемый фрагмент.

Повторяя два последних шага, можно раскрасить изображение гораздо большим числом цветов, чем в предыдущем приеме.

3.9.4. Псевдовекторизация и изогелия

Сложность автоматической векторизации фотографий обусловлена тем, что программно можно обнаружить только границы смежных областей с достаточно контрастной и однородной заливкой. Но в фотографиях важная визуальная информация редко представлена в виде контрастных границ, и из-за этого автоматическая их векторизация не дает удовлетворительных результатов. В некоторых случаях эта проблема может быть снята с помощью псевдовекторизации.

Псевдовекторизация — прием, позволяющий получить пиксельное изображение, выполненное в линейной технике, по исходному полноцветному или монохромному пиксельному изображению. Она представляет собой аналог приема ручной векторизации, описанного в *разд. 2.9.6*, средствами программ пиксельной графики. Выполняется псевдовекторизация следующим образом:

1. Изображение, подлежащее векторизации, помещают на нижний слой пиксельного графического документа.
2. Выше располагают слой с однородной белой заливкой.
3. Для слоя с белой заливкой устанавливают степень прозрачности 35–50%.
4. На полупрозрачный слой наносят мазки инструментами рисования.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если требуется аналог векторного изображения, инструмент рисования должен быть настроен таким образом, чтобы получалась сплошная линия с непрозрачными резкими краями. Если требования менее жесткие, настройка инструмента может быть иной.

Процедуру псевдовекторизации удобнее проводить, если в качестве устройства графического ввода используется не мышь, а графический планшет. На *рис. 3.9.8* представлен пример псевдовекторизации монохромной фотографии.

Изогелией называется прием перевода полноцветного или монохромного изображения в предельно контрастное монохромное или в штриховое изображение.

ПРИМЕЧАНИЕ

Изогелия в переводе с греческого означает "равное освещение". Этот прием давно используется фотографами, добивающимися эффекта предельной контрастности за счет применения специальных фотоматериалов и химикатов.

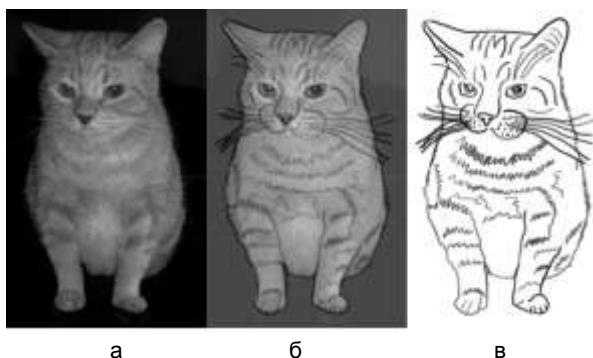


Рис. 3.9.8. Псевдовекторизация: а — исходное монохромное изображение;
 б — слою с белой заливкой назначена степень прозрачности 50%;
 в — результат (слою с белой заливкой назначена степень прозрачности 0%)

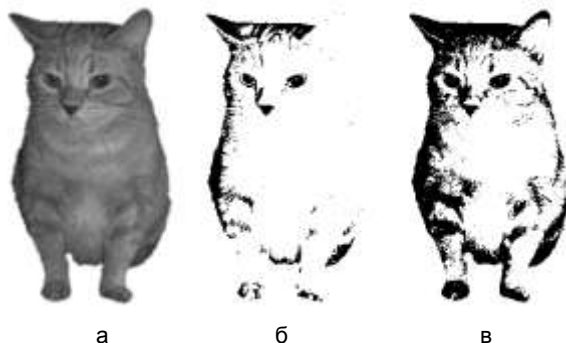


Рис. 3.9.9. Изогелия: а — исходное монохромное изображение;
 б — пороговый уровень тоновой отсечки 80;
 в — пороговый уровень тоновой отсечки 110

Изогелия обобщает изображение, устраняя из него мелкие детали и подчеркивая более крупные графические элементы. Технически изогелия представляет собой тоновую коррекцию по почти вертикальной градационной кривой или тоновую отсечку (см. разд. 3.6.1). На рис. 3.9.9 представлен пример изогелии, полученной по одному исходному изображению при различных пороговых уровнях тоновой отсечки.

3.9.5. Дуплексы

Дуплекс — это два наложенных друг на друга при печати монохромных изображения, одно из которых ахроматическое, а в другом в качестве базового цвета монохромной шкалы используется темный хроматический цвет. Оба изображе-

ния получают из общего оригинала с помощью тоновой коррекции по градационным кривым, обеспечивающим различие распределения тонов.

Дуплексы позволяют частично преодолеть уменьшение тонового диапазона изображения, накладываемое техническими ограничениями полиграфического процесса. Недостаточное число воспроизводимых на печати тонов ахроматического цвета дополняется тонами вспомогательного хроматического цвета. Из-за того, что для получения дуплексов всегда выбирается вспомогательный цвет с малой светлотой, визуально он воспринимается на отпечатке не как другой цвет, а как дополнительные оттенки основного ахроматического цвета. Тоновые поддиапазоны, в которые добавляются дополнительные хроматические оттенки, и количество дополнительно наносимой хроматической краски определяется градационной кривой тонового преобразования. Визуально отпечаток дуплекса выглядит более сочно, полутона в нем выражены ярче, чем в монохроматическом отпечатке.

Для печати дуплексов применяют предварительно смешанные краски, плашечные цвета (*см. разд. 1.3.9*). Цвет в дуплексах не проявляется, только в редких случаях увеличение количества краски вспомогательного цвета визуально воспринимается как легкое хроматическое тонирование изображения.

Условно к категории дуплексов причисляются также триплексы и квадруплексы — изображения, в которых применяются соответственно две и три вспомогательные краски. Так же, как при подготовке дуплекса, вспомогательные изображения получают из основного тоновой коррекцией по индивидуальным градационным кривым. На рис. 3.9.10 представлены элементы интерфейса графического редактора Adobe Photoshop, позволяющие настроить управляющие параметры триплекса: сверху показано диалоговое окно выбора красок, основной и двух вспомогательных, а внизу — диалоговое окно настройки градационной кривой для второй вспомогательной краски.

ПРИМЕЧАНИЕ

Поскольку иллюстрации к этой книге печатаются без применения плашечных цветов, приводить пример дуплекса в ней не имеет смысла — отпечаток будет не отличим от монохромного изображения.

В отдельных случаях в качестве цвета основного изображения также назначают не черный, а темный хроматический цвет. В таком варианте вспомогательный цвет выбирают по хроматике — он должен быть дополнительным по отношению к основному. На совмещенных отпечатках, выполненных в дополнительных цветах, за счет визуального смыкания на большей части изображения возникнут ахроматические оттенки, в действительности отсутствующие.

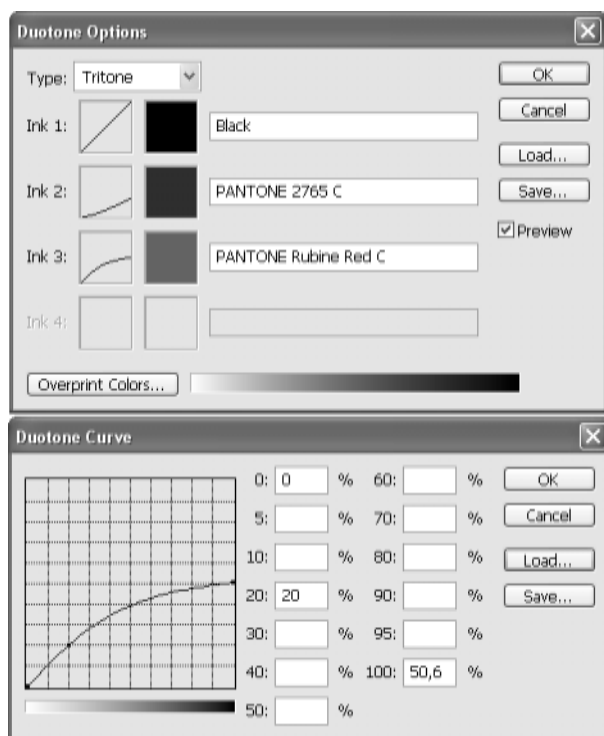


Рис. 3.9.10. Интерфейс графического редактора Adobe Photoshop, позволяющий настроить управляющие параметры триплекса

3.9.6. Текстуризация

Текстуризацией называется добавление к основному изображению вспомогательного, имитирующего текстуру того или иного материала. Основные приемы текстуризации — применение фильтров эффектов соответствующей категории (см. разд. 3.9.1) и наложение слоев.

Для построения эффекта текстуризации выполняют следующие действия:

1. На нижнем слое размещают изображение, соответствующее текстуре.
2. На верхнем слое размещают изображение, подлежащее текстуризации.
3. Для верхнего слоя устанавливают режим наложения с перекрытием.
4. Под визуальным контролем регулируют степени прозрачности обоих слоев до достижения желаемой степени текстуризации.

На рис. 3.9.11, а представлен вариант текстуризации, в котором в качестве текстурирующего выбрано отсканированное изображение кухонной разде-

лочной доски. При необходимости текстуризация может быть локальной — для этого достаточно воспользоваться маской слоя (рис. 3.9.11, б).

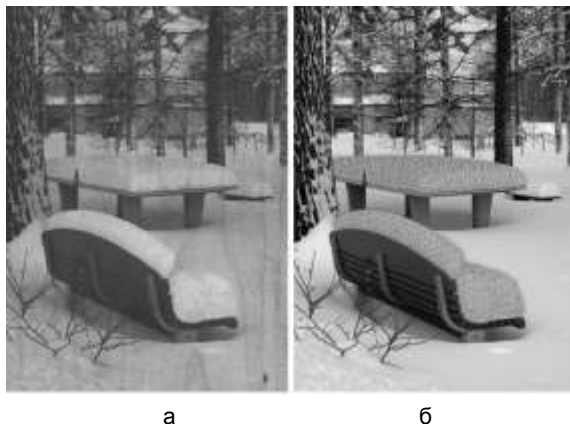


Рис. 3.9.11. Текстуризация с помощью наложения слоев:
а — текстура доски; б — текстура кожи с применением маски слоя

Интересные графические эффекты достигаются текстуризацией только фона или, наоборот, только важнейшего фрагмента изображения.

Иногда при графическом проектировании возникает прямо противоположная проблема — устранить из изображения паразитную текстуризацию (например, рисунок тиснения старой фотобумаги). Эта задача намного сложнее, и решается приемами ретуши изображений (см. разд. 3.10.2).

3.9.7. Инверсия и соляризация

Инверсия — преобразование пиксельного изображения, при котором все параметры аддитивной или субтрактивной цветовой модели для каждого пиксела изображения изменяют свое значение на дополнительное до максимального. Например, темный тон 45 монохромного изображения преобразуется в светлый тон 210 ($255 - 45 = 210$). В полноцветном изображении пиксели меняют цвет с красного R255G0B0 на бирюзовый R0G255B255.

В цветовой модели Lab канал светлоты при инверсии преобразуется точно так же (заменяется на дополняющий до 100%), а значения параметров каналов цвета а и b просто меняют знаки. В цветовой модели HSB инверсия увеличивает значение параметра H на 180° (по модулю 360°), остальные параметры остаются неизменными.

В аналоговой фотографии операции инверсии соответствует преобразование негатива в позитив или наоборот.

Технически инверсию осуществляют с помощью команды настройки изображения, фильтра эффекта или тоновой коррекции по ниспадающей градационной кривой. На рис. ЦВ-3.9.12 представлено исходное изображение, результат его инверсии и кривая тоновой коррекции, соответствующая операции инверсии изображения.

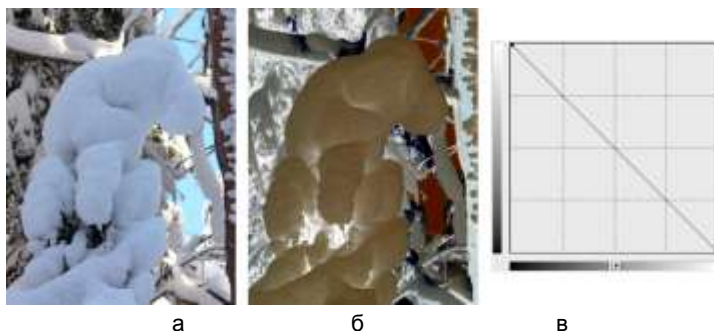


Рис. ЦВ-3.9.12. Инверсия изображения: а — исходное изображение; б — результат его инверсии; в — градационная кривая инверсии

В графическом проектировании инверсия используется для резкой смены колорита изображения, придания ему гротескового характера, а также как основа многих приемов построения более сложных графических эффектов. С помощью инверсии отсканированные изображения с монохромных негативных пленок и пластинок преобразуются в позитивные. К сожалению, тот же прием для цветных пленок не срабатывает из-за того, что прозрачная основа пленки имеет собственный оранжевый цвет, который фиксируется при сканировании и требует специальной компенсации.

Соляризация — частичная инверсия изображения, затрагивающая только изолированную часть его тонового диапазона. Традиционно при построении эффекта соляризации инверсии подвергают только поддиапазон светов. Соляризация сопровождается тоновым преобразованием, за счет которого контрастность изображения значительно повышается.

ПРИМЕЧАНИЕ

В литературе соляризацию называют также псевдосоляризацией или эффектом Сабатье — по фамилии фотографа-первооткрывателя. "Соляризация" буквально означает воздействие солнечного света. Именно так поступают с проявленным и промытым, но не прошедшим стадию фиксирования негативом в аналоговой фотографии, добиваясь эффекта соляризации.

В компьютерной графике соляризацию применяют для тех же целей, что инверсию, но ее художественные возможности шире. После применения этого эффекта изображение выглядит одновременно и реалистичным, и фантастическим.

Технически соляризация реализуется в компьютерной графике с помощью фильтра эффекта или тоновой коррекцией по градационной кривой. На рис. 3.9.13 приведено исходное изображение и два варианта градационной кривой: традиционный в диапазоне светов (рис. 3.9.13, б) и в диапазоне средних тонов (рис. 3.9.13, в). На рис. 3.9.14 представлены результаты соляризации изображения.

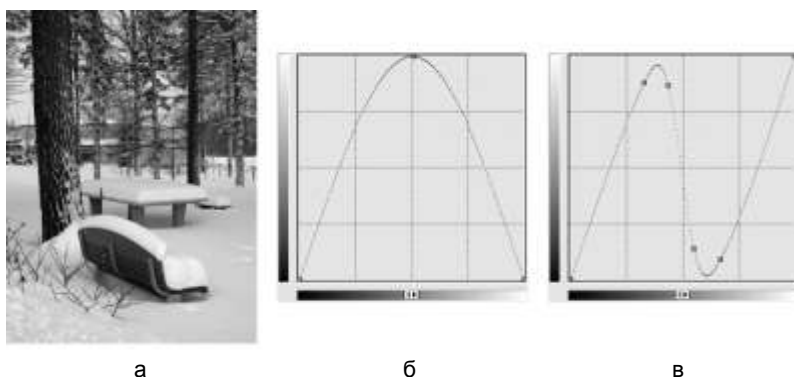


Рис. 3.9.13. Соляризация: а — исходное изображение;
 б — градационная кривая для соляризации диапазона светов;
 в — градационная кривая для соляризации диапазона средних тонов

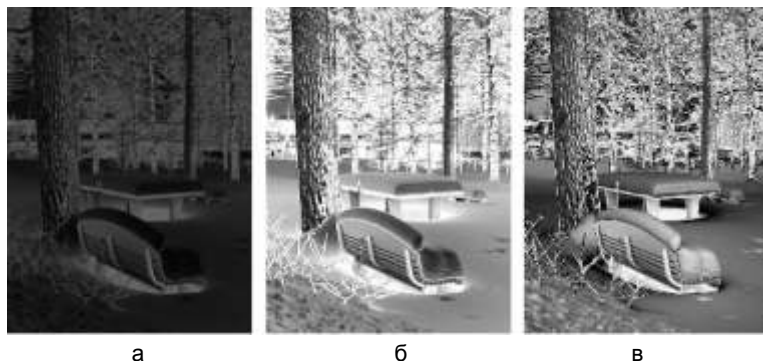


Рис. 3.9.14. Результаты соляризации: а — с помощью фильтра эффекта;
 б — с помощью тоновой коррекции по градационной кривой в диапазоне светов;
 в — с помощью тоновой коррекции по градационной кривой в диапазоне средних тонов

3.9.8. Постеризация

Постеризация — замена непрерывного полного тонового диапазона пиксельного изображения на дискретный, включающий в себя заданное число тонов. При постеризации полный тоновый диапазон разбивают на интервалы по числу заданных тонов (обычно — равновеликие), и внутри полученных тоновых поддиапазонов значения тонов унифицируют.

В результате постеризации при работе с цветовой моделью RGB в каждом цветовом канале остается лишь несколько (обычно — не более десяти) тонов. При постеризации монохромного изображения на четыре тона любой из его пикселей может быть только одного из четырех цветов. При постеризации полноцветного изображения на четыре тона в каждом из его каналов цвета остаются только пиксели с одним из четырех уровней тона. Для цветовой модели RGB это означает редукцию числа цветов изображения до 12 (по четыре уровня тона в каждом из трех каналов цвета).

Термин "постеризация" означает "преобразование в плакат". При печати плакатов по старым полиграфическим технологиям требовалось свести число используемых плашечных красок к минимуму — а именно этот эффект достигается преобразованием постеризации.

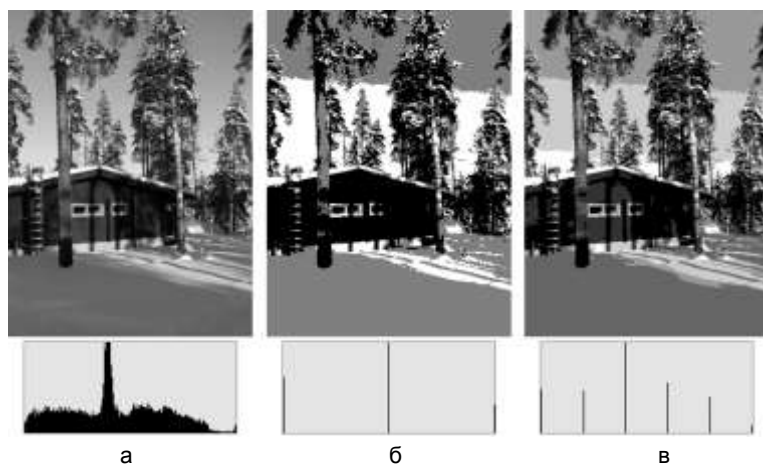


Рис. 3.9.15. Постеризация: а — исходное изображение и соответствующая ему диаграмма тонов; б — постеризация на три тона и соответствующая ей диаграмма тонов; в — постеризация на шесть тонов и соответствующая ей диаграмма тонов

После постеризации изображение выглядит как графическая работа, выполненная в традиционной технике, с четко различимыми областями однород-

ной заливки. Технически постеризацию выполняют с помощью специальных команд или фильтра эффекта, но можно добиться того же путем тоновой коррекции по ступенчатой градационной кривой. На рис. 3.9.15, *а* представлено исходное изображение с непрерывным тоновым диапазоном, на рис. 3.9.15, *б* — то же изображение постеризовано на три тона. На приведенной гистограмме тонов видно, что весь тоновый диапазон изображения состоит из трех тонов, которым на гистограмме соответствуют три пика, между которыми отсутствуют столбцы, соответствующие другим тонам. На рис. 3.9.15, *в* представлена постеризация того же изображения на шесть тонов.

3.9.9. Имитация традиционной графической и живописной техники

Под имитацией художественной техники понимают приемы и методики работы, позволяющие стилизовать пиксельные изображения под произведения традиционного изобразительного искусства. В компьютерной графике задача имитации традиционной техники возникает в двух вариантах: стилизация уже имеющегося пиксельного изображения (далее — *стилизация*) и создание нового изображения с чистого листа (далее — *имитация*).

Стилизация — преобразование пиксельного изображения для придания ему свойств, присущих той или иной традиционной художественной технике. *Имитация* — совокупность приемов построения пиксельного изображения, позволяющих придать ему особенности, характерные для той или иной традиционной художественной техники.

Эти задачи достаточно тесно связаны, несмотря на некоторые принципиальные различия. Более того, почти всегда автоматическая стилизация дает не совсем удовлетворительные результаты, и приходится дорабатывать ее вручную с помощью интерактивных инструментов.

Большинство приемов имитации традиционной техники основано на творческом применении фильтров эффектов, наложении слоев и настройке инструментов рисования. В этом разделе рассматриваются приемы стилизации и имитации традиционных техник живописи.

Акварель

В плане техники акварель — один из самых сложных видов изобразительного искусства. Акварельные краски очень текучи, и художнику приходится соблюдать при работе противоречивые требования: мазки кисти должны плавно соединяться, формируя цветовой градиент, но при этом количество

наносимой краски должно быть минимальным во избежание растекания и переувлажнения листа.

Для имитации акварельной техники достаточно стандартных средств любого графического редактора пиксельных изображений. Имитация выполняется кистями с мягким краем. Акварельные краски полупрозрачны, поэтому прозрачность мазков должна быть не менее 25%. Это позволит усиливать тон наносимой краски в местах наложения мазков.

В программах пиксельной графики, более ориентированных на художественную технику, имеются дополнительные режимы настроек инструментов рисования, позволяющие имитировать неравномерное стекание краски с кисти по длине мазка, и переувлажнение краев кисти по сравнению с ее центром.

Дополнительно можно пользоваться инструментами частичного стирания и локального размытия, позволяющими ослаблять цветовой тон и снижать резкость кромок. Меняя степень прозрачности мазков, можно ослабить или полностью удалить ранее нанесенные мазки.

На рис. ЦВ-3.9.16 представлен пример имитации акварельной техники. Вначале кистью со сравнительно жестким краем малого диаметра нанесли контуры изображаемых объектов, а затем диаметр и мягкость краев кисти увеличили, и намеченные контуры заполнили более крупными мазками.



Рис. ЦВ-3.9.16. Имитация техники акварели

Возможна и другая последовательность работы, когда сначала крупные фрагменты изображают широкими мазками мягкой кисти, а затем мелкие детали прописывают кистью с меньшим диаметром, но этот вариант более характерен для имитации живописи маслом.

По окончании работы желательно имитировать текстуру бумаги с помощью одного из приемов, описанных в разд. 3.9.6 — результат будет выглядеть более достоверно.

няют кистями большого диаметра с полной непрозрачностью мазка и малой мягкостью края.

Выше слоя с подмалевком располагают слой или несколько слоев для прописи — группы мазков, соответствующих деталям изображения. Для сокращения работы по выбору цветов можно воспользоваться режимами наложения слоев, позволяющих формировать цвет мазка прорисовки с учетом цвета подмалевка (имитация лессировки).

На рис. ЦВ-3.9.18 представлен пример имитации живописной техники маслом с использованием текстурных кистей. Лимон в разрезе проработан полностью, срезанная верхняя часть лимона оставлена на этапе предварительной прописи, а отрезанный ломтик — на стадии подмалевка.



Рис. ЦВ-3.9.18. Имитация живописной техники

В процессе стилизации пиксельного изображения под живописную технику можно не выполнять композиционный рисунок, а пользоваться исходным изображением, размещенным на нижнем слое. Можно автоматизировать выполнение подмалевка с помощью приема постеризации (см. разд. 3.9.8) или специального фильтра эффекта. На рис. ЦВ-3.9.19 представлен пример подмалевка, выполненного с помощью фильтра Underpaint.

В составе интерактивных инструментов некоторых редакторов пиксельных изображений имеются клонирующие кисти, которыми очень удобно пользоваться при стилизации под живописную технику. Клонирующей кистью называется интерактивный инструмент рисования, формирующий мазок заданной текстуры, цвет которого автоматически определяется цветом пикселей источника клонирования. В качестве источника клонирования выбирается стилизуемое изображение. Далее пользователь наносит на слой документа-

клона мазки, длина и направление которых определяется изображением, текстурой — настройкой клонирующего инструмента, а цвет — источником клонирования. На рис. ЦВ-3.9.20 представлено несколько вариантов прописывания одного и того же изображения различными клонирующими кистями.

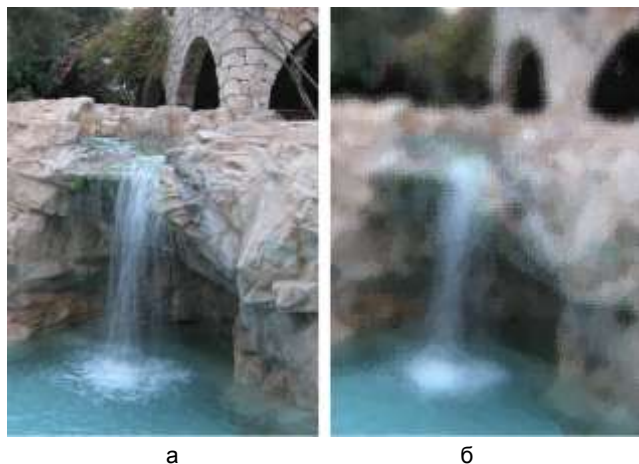


Рис. ЦВ-3.9.19. Подмалевок при стилизации: *а* — исходное изображение; *б* — подмалевок с добавленной текстурой

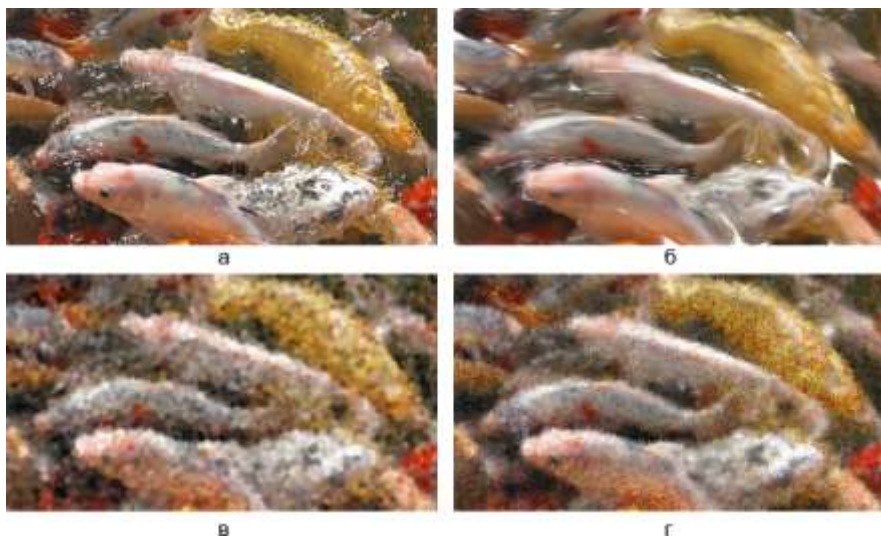


Рис. ЦВ-3.9.20. Прописывание клонирующими кистями при стилизации: *а* — исходное изображение; *б*, *в*, *г* — пропись различными типами клонирующих кистей

Пастель

Пастель представляет собой специальные мелки для рисования на текстурованной бумаге. Они не такие плотные, как мел без пигментов, поэтому штрих подобным мелком на бумаге получается рыхлым, осыпающимся, с разрывами.

Большинство редакторов пиксельной графики обеспечивают стилизацию изображений под технику пастели. На рис. ЦВ-3.9.21 представлен пример стилизации с помощью фильтра эффекта Rough Pastels.



Рис. ЦВ-3.9.21. Стилизация под технику пастели: а — исходное изображение; б — имитация пастели на текстурованной бумаге

При стилизации под технику пастели следует учитывать несколько важных факторов:

- ❑ Желательно, чтобы в стилизуемом изображении преобладали светлые тона, соответствующие гамме настоящей пастели. Кроме того, при стилизации изображение становится темнее.
- ❑ Детализация штрихов, имитирующих рисунок, должна быть небольшой, чтобы штрихи не сливались, и эффект стилизации не утрачивался. Из-за этого не следует подвергать такого рода стилизации изображения с мелкими деталями (сравните изображение в центре рис. ЦВ-3.9.21, б и в его правом нижнем углу).
- ❑ Длина штрихов пастели не должна быть слишком большой, в противном случае утрата иллюзия ручной работы над рисунком.

Имитация техники рисунка пастелью с чистого листа — непростое дело. На практике чаще строят эскиз с однородными заливками, который впоследствии стилизуют при помощи фильтра эффекта.

3.9.10. Имитация традиционной графической техники

В этом разделе рассматриваются приемы стилизации и имитации традиционных графических техник.

Линейная техника

К линейным техникам относятся рисунок пером, гравюра на дереве (ксилография), линогравюра и офорт. Они имеют две общие особенности:

- ❑ Ни одна из них не позволяет непосредственно работать с промежуточными тонами, изображение состоит только из фрагментов цвета переднего плана или фона, а тоновое разнообразие работы создается с помощью штриховки.
- ❑ Все инструменты, используемые в линейной технике, позволяют плавно менять ширину штриха в зависимости от нажима (офортная игла — в меньшей степени).

Это осложняет стилизацию изображений в рамках пиксельной графики, поскольку фильтры не позволяют строить нерегулярную штриховку. Моделировать объем с помощью штриховки параллельными или пересекающимися под одинаковыми углами линиями не удастся.

Имитировать нажим на инструмент тоже непросто. Даже при наличии графического планшета нанесение линий переменной ширины требует достаточного навыка.

Имитация линейной техники средствами пиксельной графики сводится к настройке инструмента рисования и нанесению штрихов. При этом надо принимать в расчет следующее:

- ❑ Края имитируемой линии должны быть гладкими, поэтому необходим графический документ с достаточно высоким разрешением, соответствующий монохромной или полноцветной цветовой модели, а края мазков следует сглаживать.
- ❑ Размер пишущей части инструмента рисования должен составлять несколько пикселей — инструмент диаметром в один пиксел не годится для имитации линии рисунка.

Мел, уголь, сангина, мягкий карандаш

В отличие от линейных техник, рисунки мелом, углем, сангиной и итальянским карандашом состоят из неоднородных штрихов, местами не сплошных, с осыпающимися краями. Однако ими невозможно выполнить однородную

заливку значительной площади, из-за чего в этих техниках вместо заливки также применяют штриховку. Наряду с ней используют и растушевку — размывание нанесенного штриха. Из-за этого при имитации и стилизации под перечисленные техники заливки не применяют.

Приемы работы одинаковы за исключением настроек инструментов рисования и цвета переднего плана. Цвета назначают следующим образом: для мела — очень светлый оттенок серого, для угля — черный, для сангины — красно-коричневый, для итальянского карандаша — темно-коричневый.

Последовательность имитации рисунка:

Создают пиксельный графический документ с тремя слоями. Нижний слой имитирует бумагу, поэтому заливается белым цветом или светлым хроматическим цветом. Возможна едва заметная текстуризация. Для рисунка мелом цвет бумаги может быть темным или даже черным.

Для второго слоя, состоящего из прозрачных пикселей, задают обычный режим наложения.

Для третьего слоя, состоящего первоначально из полностью прозрачных пикселей, задают режим наложения с растворением и степень прозрачности слоя в пределах от 2 до 5% — это обеспечит имитацию осыпания частиц пигмента. Степень прозрачности слоя прямо пропорциональна рыхлости линии.

Наносят штрихи в соответствии с имитируемым рисунком.

При необходимости штрихи можно удалять стирающим инструментом.

Третий слой соединяют со вторым, чтобы избавиться от режима наложения с растворением.

При необходимости растушевки ее делают инструментом локального размывания.

Верхний слой слегка размывают для сглаживания резкости краев штрихов.

На рис. 3.9.22 показаны последовательные этапы имитации рисунка углем.

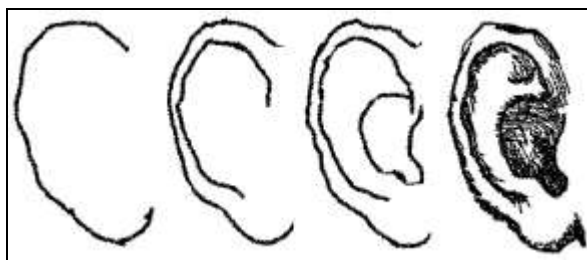


Рис. 3.9.22. Имитация рисунка углем

Фильтры эффекта для преобразования пиксельного изображения в стилизацию под технику рисунка углем редко дают удовлетворительные результаты, но они вполне пригодны в качестве отправной точки для доработки изображения с помощью описанных ранее приемов имитации рисунка.

В этом случае вместо нижнего слоя, имитирующего бумагу, используют слой с результатом работы фильтра. На рис. 3.9.23 представлен пример стилизации под рисунок углем, потребовавший достаточно интенсивной доработки.

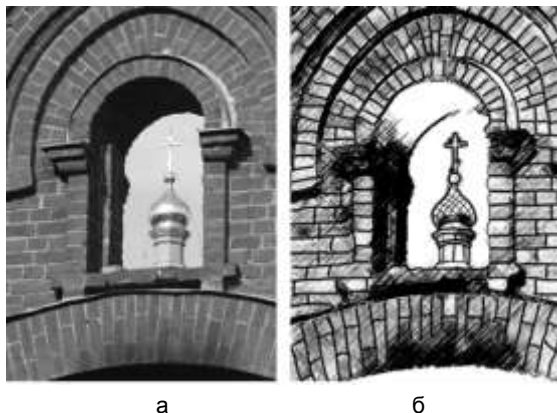


Рис. 3.9.23. Стилизация под технику рисунка углем:
а — исходное изображение; *б* — имитация рисунка углем

В некоторых случаях параллельная штриховка, возникающая после отработки фильтра эффекта, неприемлема по тем или иным соображениям. Тогда стилизацию можно выполнить иначе, например, следующим образом:

1. В пиксельном изображении выделяют контуры, например, с помощью смещения дубликатов изображения на вспомогательных слоях в режиме наложения разности (см. разд. 3.4.3).
2. Изображение переводят в монохромное, а затем тонируют в цвет, соответствующий имитируемой технике.
3. Выполняют тоновую коррекцию по S-образной градационной кривой, повышающей контрастность средних тонов изображения.
4. Белые пиксеты изображения преобразуют в прозрачные — для этого достаточно воспользоваться в качестве маски изображением канала L копии стилизуемого изображения, построить по этой маске выделенную область и выполнить операцию полного стирания.

5. Ниже изображения помещают слой с однородной заливкой или имитацией текстурированной бумаги.
6. Слою изображения назначают режим наложения с растворением и степень прозрачности 1–5%.

На рис. 3.9.24 показаны пиксельное изображение и построенная по приведенной схеме стилизация под рисунок сангиной. Небольшая доработка состояла в ослаблении и усилении отдельных контурных линий и частичном восстановлении мелких деталей лица с помощью дополнительного полупрозрачного слоя с фрагментом фотографии.

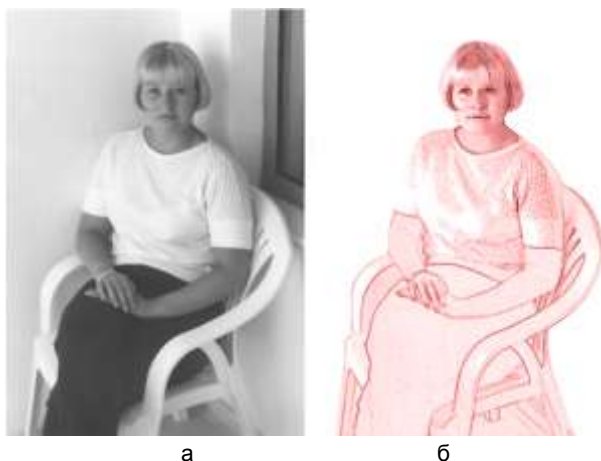


Рис. 3.9.24. Стилизация под технику рисунка сангиной:
а — исходное изображение; б — результат стилизации

Шелкография

При выполнении работы в технике шелкографии для каждого изображения подготавливают несколько трафаретов из шелкового полотна, местами покрытого клеевым составом, наглухо закрывающим отверстия в ткани. Затем на один и тот же лист бумаги через соответствующие трафареты наносят краски.

Поскольку для включения в изображение каждой новой краски требуется изготовление дополнительного трафарета, в этой технике обычно немного красок.

Шелкографию имитируют с помощью инструментов рисования с достаточно жестким краем и непрозрачными мазками. Удобнее размещать мазки, выполненные одним цветом, на отдельных слоях изображения — это упрощает его корректировку в случае необходимости.

Для стилизации пиксельного изображения под технику шелкографии необходимо сократить число использованных в изображении цветов до заданного значения (как правило, не более десяти). Это удобнее всего выполнить с помощью приема постеризации (см. разд. 3.9.8).

В процессе подготовки изображения к постеризации рекомендуется избавиться от визуального шума и мелких деталей — для этой цели подойдет стандартный фильтр эффекта Dust and Scratches (Пыль и царапины). При необходимости сгладить резкие края однородно залитых областей можно воспользоваться фильтром эффектов Median (Усреднение).

На рис. ЦВ-3.9.25 представлено исходное изображение и результат его стилизации под шелкографию.



Рис. ЦВ-3.9.25. Стилизация под технику шелкографии:
а — исходное изображение; б — стилизация под шелкографию

Список новых терминов

- ☐ Фильтр эффекта
- ☐ Обесцвечивание
- ☐ Раскрашивание
- ☐ Тонирование
- ☐ Псевдовекторизация
- ☐ Изогелия
- ☐ Дуплекс
- ☐ Триплекс
- ☐ Квадруплекс

- ☐ Текстуризация
- ☐ Инверсия
- ☐ Соляризация
- ☐ Постеризация
- ☐ Стилизация
- ☐ Имитация
- ☐ Клонировущая кисть

Контрольные вопросы

Для решения каких задач предназначены фильтры эффектов?

Что дает возможность говорить о стандартизации фильтров эффектов?

Почему большинство фильтров эффектов не могут работать со штриховыми изображениями?

Как можно ограничить область и степень воздействия фильтров эффектов?

Почему любая регулировка контраста приводит к утрате тонких деталей пиксельного изображения?

С помощью каких приемов регулируется контраст изображения?

Почему обесцвечивание приводит к искажению динамического тонового диапазона изображения?

Как выполняется раскрашивание монохромного изображения?

Чем псевдовекторизация пиксельного изображения отличается от его векторизации?

С помощью какого приема выполняется изогелия изображения?

С какой целью создаются дуплексы?

Почему дуплекс не считается цветным изображением?

Чем триплекс отличается от дуплекса?

С какой целью выполняется текстуризация?

Как можно ограничить область текстуризации?

Как будет выглядеть после инверсии фотография флага России?

Как будет выглядеть результат двукратной инверсии изображения?

Как будет выглядеть градационная кривая для соляризации с инверсией только области теней?

Как будет выглядеть градационная кривая для постеризации на 5 тонов?

Чем стилизация отличается от имитации?

Почему при имитации акварельной техники прозрачность мазков должна быть не ниже 25%?

Какова последовательность имитации акварельной техники?

Чем имитация живописи масляными красками отличается от имитации акварели?

Какую роль в имитации живописи масляными красками играет подмазок?

Почему клонирующие кисти упрощают стилизацию под технику живописи?

Каковы особенности стилизации изображения под технику пастели?

Какие особенности линейной графической техники осложняют ее имитацию?

Чем приемы имитации рисунка углем отличаются от имитации линейной техники?

С какой целью при имитации рисунка углем используется трехслойное изображение?

Какие приемы применяют для доработки имитации рисунка углем?

Как можно избавиться от параллельных штрихов при стилизации изображения под рисунок?

Каковы особенности стилизации изображения под технику шелкографии?

Темы для обсуждения

Возможности творческого применения фильтров эффектов (по отдельным категориям).

Возможности применения фильтров эффектов как основы технических приемов работы с пиксельным изображением.

Художественные возможности регулирования контраста изображения.

Альтернативные методики раскрашивания монохромного изображения.

Задачи, в которых возникает необходимость текстуризации.

Возможности творческого применения имитации (по категориям).

Возможности творческого применения стилизации (по категориям).

3.10. Основные приемы ретуши пиксельных изображений

В аналоговой фотографии к ретуши относятся доработка негатива и позитива с помощью механических воздействий и приемами традиционной графики. Негативы выскабливают, закрашивают их фрагменты специальными лаками, разрезают и монтируют. Позитивы дорисовывают и раскрашивают, например, черным и цветными карандашами.

За последнее десятилетие техническая база и сами основы фотографического процесса подверглись большим изменениям в связи с успехами цифровой фотографии. В настоящее время подавляющее большинство фоторабот выполняются цифровой техникой, в котором аналогом основного носителя визуальной информации (негатива) является графический файл с информационной моделью пиксельного изображения.

Соответствующим образом изменился и процесс ретуши. В компьютерной графике *ретушь* — процесс устранения локальных дефектов пиксельного изображения (при помощи инструментов рисования, клонирования и локальной коррекции), а также исправление распределения тонов и контурной резкости изображения в целом (при помощи соответствующих преобразований). Даже ретушь традиционных фотоматериалов (негативов и отпечатков) сегодня чаще всего выполняют программными средствами после сканирования.

Спорным является вопрос о принадлежности операций монтажа к предметной области ретуши — их применение приводит к радикальным изменениям изображений. Однако в большинстве источников по компьютерной ретуши имеются разделы, посвященные монтажу и редактированию изображений.

Компьютерную ретушь выполняют на любом этапе графического проектирования, по мере необходимости в исправлении недостатков изображения. В арсенал ее приемов входят почти все методы работы с пиксельными изображениями, поэтому здесь рассмотрены только несколько примеров со ссылками на соответствующие разделы предшествующих глав.

3.10.1. Устранение артефактов

Чаще всего на фотографическом изображении встречаются следующие дефекты:

- ☐ пыль и точечные дефекты;
- ☐ царапины и следы от волос, попавших на негатив или отпечаток до сканирования;
- ☐ разводы от попавших на фотоматериал жидкостей;
- ☐ заломы и разрывы.

Самый эффективный метод устранения артефактов — наложение поверх них неповрежденных фрагментов изображения путем копирования или клонирования. В составе современных графических редакторов имеются так называемые "исцеляющие" кисти, позволяющие выполнять такое клонирование достаточно удобно.

К сожалению, этот прием весьма трудоемок. На практике перед его применением мелкие дефекты стараются устранить с помощью локального размытия и фильтров эффектов. На рис. 3.10.1 представлен пример ретуши пыли и царапин.

Пятна на изображении копируют на отдельный слой, затем к этому слою применяют тоновую (см. разд. 3.6.2) и селективную цветовую коррекцию (см. разд. 3.7.7). Остающиеся после этого по краям пятна артефакты устраняют клонирующими инструментами.

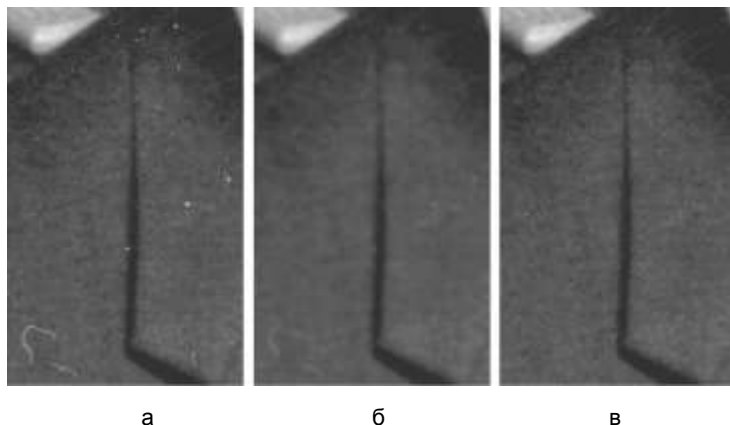


Рис. 3.10.1. Устранение точечных и линейных артефактов: а — исходное изображение; б — обработка фильтром Dust & Scratches с радиусом 3 пиксела; в — пропись "исцеляющей" кистью

ПРИМЕЧАНИЕ

Если пятно невелико по размеру и не содержит важных деталей, то его можно устранить, скопировав поверх фрагмент с неповрежденной текстурой, подходящей по виду.

На рис. 3.10.2 представлен пример устранения точечных артефактов и пятен. Кроме того, контрастность изображения повышена с помощью метода тоновой коррекции по S-образной градационнй кривой (см. разд. 3.6.3).



Рис. 3.10.2. Устранение точечных артефактов и пятен, тоновая коррекция:
а — исходное изображение; б — результат ретуширования

Заломы и разрывы эмульсии отпечатка представляют собой области необратимой утраты визуальной информации, и устраняются эти дефекты в зависимости от их размеров. Малые по размерам заломы можно устранить локальным размытием или исцеляющей кистью, большие маскируют копированием поверх них уцелевших фрагментов изображения, в крайнем случае — дорисовкой.

3.10.2. Ослабление муара, возникающего при сканировании

Муар — регулярная разновидность артефактов, представляющая собой повторяющиеся пятна и полосы. Он возникает из-за наложения двух растров, что чаще всего происходит при повторном растривании или сканировании растриванных изображений, например, офсетной полиграфической продукции.

При сканировании с высоким разрешением отпечатанных офсетным способом монохромных изображений, на пиксельном изображении отчетливо про-

являются точки полиграфического растра. При сканировании цветной полиграфической продукции таких растров на одном изображении оказывается четыре. При этом сканирование автоматически превращается в повторное растрирование со всеми связанными с этим неприятными последствиями. Основное из них — появление муара. Еще одно повторное растрирование выполняется при выводе такого изображения на печать, что также может привести к появлению муара.

Наряду с истинным муаром, проявляющимся при печати, при воспроизведении пиксельного изображения на экране монитора в масштабе, отличном от 1:1, может возникать *ложный муар*, который, создавая неудобства при работе, не снижает качества отпечатка.

Основной метод борьбы с муаром состоит в последовательном выполнении двух операций: размытия изображения с небольшим радиусом (что несколько снижает его резкость) и частичного восстановления резкости с помощью фильтров. Последовательность действий включает в себя следующие этапы:

1. Определяют линиатуру полиграфического растра (см. разд. 3.1.3). Для этого удобно пользоваться определителем Габела, основанным на явлении интерференции (рис. 3.10.3).

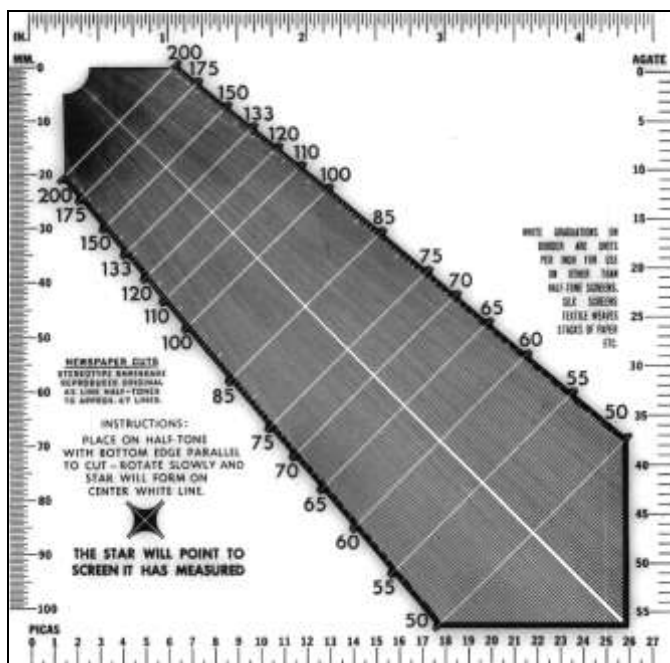


Рис. 3.10.3. Определитель линиатуры полиграфического растра Габела

ПРИМЕЧАНИЕ

Если такого прибора нет, можно отсканировать с высоким разрешением фрагмент полиграфического оригинала, предварительно наложив на него под углом 15° к вертикали прозрачную тонкую линейку. После этого несложно подсчитать число точек полиграфического раstra, приходящихся на единицу длины. Рекомендуется выбирать для этого сравнительно светлые участки оригинала. В некоторых программах пиксельной графики имеются инструменты для измерения расстояний между точками — можно воспользоваться для определения линиатуры и этой возможностью.

2. Полиграфический отпечаток сканируют с разрешающей способностью, равной удвоенному значению линиатуры.
3. Результат сканирования размывают по Гауссу с радиусом, равным 1,5 пиксела.
4. Применяют прием имитации увеличения контурной резкости (см. разд. 3.6.2).

На рис. 3.10.4, *а* представлен исходный результат сканирования изображения, отпечатанного с линиатурой 130 lpi и разрешением 150, а на рис. 3.10.4, *б* — то же пиксельное изображение с разрешением 260 dpi после размытия и восстановления контурной резкости.



Рис. 3.10.4. Ослабление муара: *а* — исходное изображение после сканирования; *б* — результат ослабления

В качестве альтернативных методов сокращения муара можно воспользоваться сканированием изображения с максимальной аппаратной разрешающей способностью сканера с последующим применением фильтра Dust & Scratches или последовательным размытием по Гауссу отдельных каналов цвета с последующим восстановлением резкости контуров.

3.10.3. Коррекция тонового диапазона

При неудачных условиях съемки или вследствие возрастной деградации фотоматериалов динамический тоновый диапазон изображения может сужаться, что проявляется как выцветание. Как правило, при этом исчезают тона в поддиапазонах теней и светов — тени на снимке становятся светлее, а света — темнее. Тонкие детали при этом утрачиваются в обоих поддиапазонах.

Восстановить утраченные тонкие детали невозможно, но можно несложным приемом улучшить внешний вид изображения. Технически это выполняется с помощью приемов тоновой коррекции, описанных в *разд. 3.6.2–3.6.3*.

Пределы, в которых допустима коррекция тонового диапазона, определяются явлением постеризации, возникающей за счет выпадения смежных тонов из плавных переходов тона. На рис. 3.10.5 представлен пример "растягивания" тонового диапазона выцветшей фотографии.

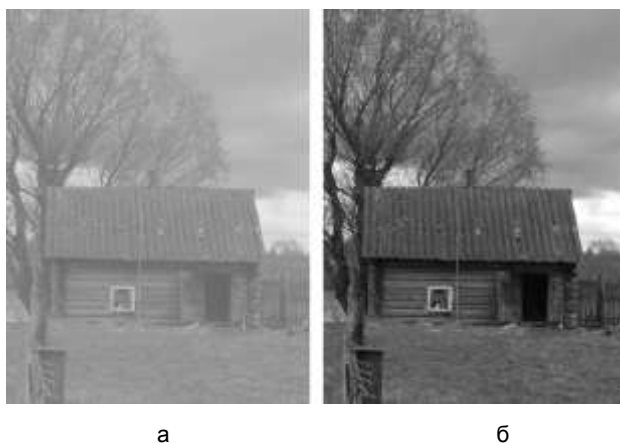


Рис. 3.10.5. Тоновая коррекция выцветшей фотографии:
а — вид после сканирования; *б* — результат тоновой коррекции

3.10.4. Коррекция резкости

При выполнении ретуши чаще применяют приемы снижения резкости (*см. разд. 3.6.2*). Ими пользуются для глобального устранения артефактов малого размера и для маскировки нежелательных кромок изображения.

Имитация увеличения контурной резкости при ретуши необходима редко. Чаще выполняют локальное увеличение контурной резкости отдельных объектов с помощью интерактивных инструментов.

3.10.5. Восстановление цвета

Задача восстановления цвета обычно возникает при ретуши старых цветных фотографий. Дело в том, что при хранении фотографии в неподходящих условиях падает насыщенность сначала отдельных, а затем и всех цветов (она может доходить до 10–15% от исходного значения). Кроме того, у некоторых сортов фотобумаги скорость возрастной деградации разных цветов оказывается различной, из-за чего нарушается цветовой баланс.

Стратегия восстановления цвета зависит от степени его деградации:

- ❑ В простейшем случае, когда насыщенность в некоторой степени сохранилась, а цветовой баланс еще не нарушен, достаточно восстановить насыщенность цвета с помощью приема, описанного в *разд. 3.7.8*.
- ❑ Если насыщенность в некоторой степени сохранилась, но цветовой баланс нарушен, восстановление выполняют по схеме цветовой коррекции, описанной в *разд. 3.7.5*.
- ❑ Если фотография выцвела настолько, что уже невозможно определить исходные цвета, ее преобразуют в монохромную, после этого восстанавливают тоновый диапазон и резкость (*см. разд. 3.10.3–3.10.4*), а затем раскрашивают (*см. разд. 3.9.3*).

На рис. ЦВ-3.10.6 представлен пример восстановления цветов фотографии, в котором цвет лиц, кожи, волос, одежды и мебели был откорректирован увеличением насыщенности, а цвет обоев пришлось восстанавливать по схеме селективной цветовой коррекции запоминающихся цветов (*см. разд. 3.7.7*).



Рис. ЦВ-3.10.6. Восстановление цветов: а — исходное изображение; б — результат восстановления

3.10.6. Восстановление утраченных и удаление нежелательных фрагментов изображения

Строго подходя к вопросу о восстановлении утраченных фрагментов пиксельного изображения, следует отметить — утраченную визуальную информацию восстановить невозможно. Однако на практике эта задача возникает очень часто, причем не только при реставрации старых фотографий. При ретуши часто приходится устранять с изображения нежелательные фрагменты. После построения выделенной области и стирания на изображении остаются просветы, требующие заполнения — те же утраченные фрагменты изображения.

Основная стратегия ретуши при восстановлении — копирование других участков того же изображения. Рекомендуется вставлять скопированные и преобразованные фрагменты на отдельные слои пиксельного изображения, чтобы впоследствии с ними удобнее было работать.

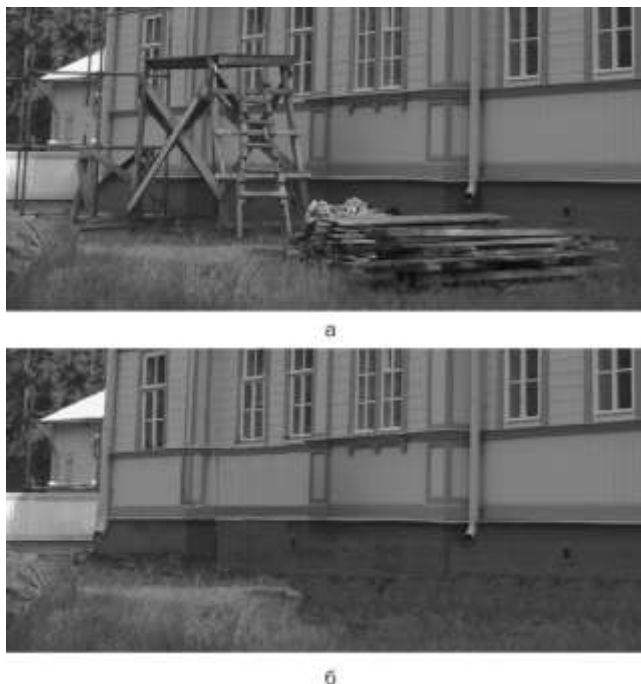


Рис. 3.10.7. Удаление нежелательных фрагментов:
а — исходное изображение; б — результат ретуширования

На рис. 3.10.7, *а* представлен фрагмент фотографии, передний план которой загроможден строительными материалами и приспособлениями. Последовательность ретуши была следующей:

1. Штабель досок на переднем плане закрыли фрагментами цоколя здания, взятыми в правом нижнем углу фотографии.
2. Нижнюю часть штабеля замаскировали клонированными фрагментами травы, взятыми в нескольких местах во избежание возникновения ритмических повторов.
3. Нижнюю часть строительных лесов закрыли фрагментами части здания, расположенными ниже окон, причем из-за перспективного сокращения размеров фрагменты перед установкой на место пришлось масштабировать.
4. Верхнюю часть лесов заменили клонированными фрагментами окон и простенков.
5. Часть лесов на фоне деревьев на заднем плане устранили исцеляющей кистью, а часть — оставили в исходном состоянии.

Список новых терминов

- ☐ Ретушь
- ☐ Исцеляющие кисти
- ☐ Муар
- ☐ Ложный муар

Контрольные вопросы

1. Что входит в предметную область ретуши?
2. С какими артефактами приходится иметь дело при ретуши фотографий?
3. Как устраняют крупные артефакты?
4. Как устраняют точечные и линейные артефакты?
5. Как устраняют пятна?
6. Как устраняют разрывы и заломы?
7. Как бороться с возникновением муара при сканировании?

8. Как восстанавливают выгоревшие монохромные фотографии?
9. Как восстанавливают выгоревшие цветные фотографии?
10. Как восстанавливают утраченные фрагменты изображения?
11. Как устраняют нежелательные фрагменты изображения?

Темы для обсуждения

1. Ретушь старых фотографий.
2. Ретушь фотопортрета.
3. Ретушь пейзажа.

3.11. Допечатная подготовка

Допечатной называется подготовка документа к получению отпечатка на печатающем устройстве любого типа или с помощью полиграфического процесса. Традиционно в прикладную область допечатной подготовки включают набор и верстку текста, подготовку и вставку в документ графических изображений, компоновку макета издания, формирование спускового макета и многие другие операции. В этой главе рассматриваются лишь несколько аспектов этой обширной области, непосредственно относящиеся к компьютерной графике и работе с изображениями программными средствами.

3.11.1. Полиграфический растр и растривание

Основные концепции, связанные с полиграфическим растром, были приведены ранее в *разд. 3.1.4*. Здесь рассмотрим только его особенности, имеющие отношение к допечатной подготовке.

Преобразование изображения с непрерывным тоном в полиграфический растр называется *растриванием*. Растривание может выполняться различными программными средствами:

- ☐ графическим редактором при преобразовании изображения к штриховой модели цвета;
- ☐ специальной программой — процессором растривания;
- ☐ драйвером печатающего устройства при интерпретации языка PostScript.

Тона полиграфического растра принято обозначать отношением площади части элемента, занятой краской растра, к его общей площади (в процентах). Так же обозначают размер точек полиграфического растра. На рис. 3.11.1 представлены увеличенные образцы однородных заливок, соответствующие некоторым тонам монохромной шкалы.

Таблица 3.11.1. Соответствие размеров точки полиграфического раstra уровням тона

Размер, %	Тон	Размер, %	Тон	Размер, %	Тон	Размер, %	Тон
100	0	75	64	50	128	25	192
99	3	74	67	49	131	24	195
98	5	73	69	48	133	23	197
97	8	72	72	47	136	22	200
96	10	71	74	46	138	21	202
95	13	70	77	45	141	20	205
94	15	69	79	44	143	19	207
93	18	68	82	43	146	18	210
92	20	67	84	42	148	17	212
91	23	66	87	41	151	16	215
90	26	65	90	40	154	15	218
89	28	64	92	39	156	14	220
88	31	63	95	38	159	13	223
87	33	62	97	37	161	12	225
86	36	61	100	36	164	11	228
85	38	60	102	35	166	10	230
84	41	59	105	34	169	9	233
83	44	58	108	33	172	8	236
82	46	57	110	32	174	7	238
81	49	56	113	31	177	6	241
80	51	55	115	30	179	5	243
79	54	54	118	29	182	4	246
78	56	53	120	28	184	3	248
77	59	52	123	27	187	2	251
76	61	51	125	26	189	1	253
						0	255

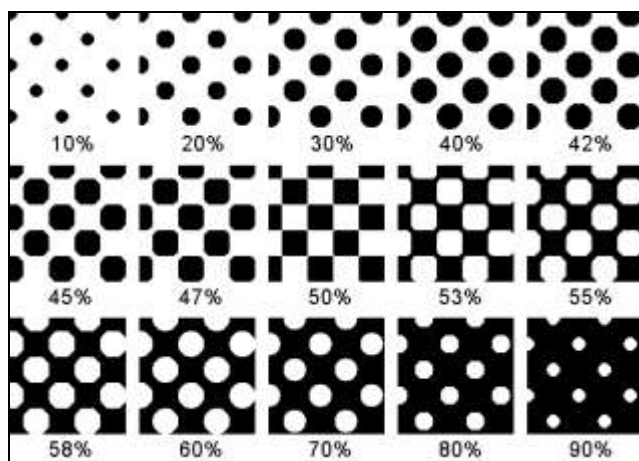


Рис. 3.11.1. Тона полиграфического раstra

Во многих программных средствах компьютерной графики монохромная шкала разбивается не на 100, а на 255 тонов. В табл. 3.11.1 приведено соответствие тонов монохромной шкалы размерам точек полиграфического раstra, получающихся при растривании образца с однородной заливкой этим тоном.

3.11.2. Деградация деталей при печати

Во многих случаях при печати изображения, в особенности жидкой краской на пористой бумаге (на струйном принтере или офсетным типографским способом), отпечаток будет выглядеть несколько темнее, чем на экране. Это происходит из-за растекания краски по бумаге. Такое явление называется *растискиванием точек* (dot gain). Чем больше пористость бумаги и чем ниже вязкость краски, тем заметнее это явление. При офсетной печати на пористой газетной бумаге растискивание точек составляет 30–35%, на более плотной бумаге без покрытия (такая бумага обычно используется для брошюр и многотиражных журналов) — 23–25%, на плотной бумаге с покрытием (мелованной) — 22% и менее. Это усредненные значения, более точные сведения можно получить в типографии, где планируется печатать тираж.

Из-за специфики офсетной печати при выводе изображение приходится копировать три раза. Первый раз — при изготовлении металлической печатной формы, второй — при переносе краски с печатной формы на печатный барабан, третий — при переносе краски с печатного барабана на бумагу. При каждом переносе утрачиваются некоторые наиболее мелкие точки изображения.

Из-за этого в ярких светах могут исчезать детали, например, на фотографиях в середине лба появляется большое белое пятно. Это явление называется *деградация деталей в светах*.

В современных графических редакторах имеется возможность компенсировать и растискивание точек, и деградацию деталей в светах, откорректировав изображение в тоновых поддиапазонах теней и светов в соответствии с параметрами технологии вывода на печать. При этом изменяется также отображение на экране, чтобы результаты печати можно было бы оценивать визуально. Параметры растискивания точек и деградации в светах зависят от множества факторов. Их точные значения измеряют технологи типографии по *денситометрической шкале* — специальному изображению, отпечатанному на офсетном прессе на той же бумаге и при тех же настройках, при которых будет печататься тираж. Денситометрическая шкала представляет собой набор растрованных образцов самых светлых (от 1 до 5%) и самых темных (от 75 до 99%) оттенков черного цвета. При анализе отпечатка этой шкалы можно определить, какой из светлых оттенков еще не превращается в чисто белый цвет (краска не наносится), а также при печати какого из темных оттенков точки еще не полностью сливаются, и между ними остаются минимальные просветы. Эти значения называются соответственно *минимальным* и *максимальным размерами воспроизводимой точки*.

Точные значения этих величин следует узнать в полиграфическом предприятии, где будет напечатан тираж. Но если по той или иной причине это невозможно, следует ориентироваться на данные, приведенные в табл. 3.11.2.

Таблица 3.11.2. *Примерные значения размеров воспроизводимой точки при офсетной печати*

Тип издания	Минимальный размер воспроизводимой точки, %	Максимальный размер воспроизводимой точки, %
Газеты	5	75
Журналы и брошюры	3	90
Высококачественные издания	3	95

Компенсировать деградацию теней и светов, вызванную особенностями офсетной печати, можно с помощью тоновой коррекции по градационной кривой следующим образом:

1. В типографии или по табл. 3.11.2 определяют минимальный и максимальный размеры воспроизводимых точек полиграфического раstra.

2. В графический документ вводят дополнительный корректирующий слой тоновой коррекции по градационной кривой, форма которой не изменяется.
3. По табл. 3.11.1 определяют уровень тона, соответствующий максимальному размеру точки растра. Левую крайнюю точку градационной кривой смещают вверх до этого уровня откорректированного тона (см. рис. 3.6.12).
4. По табл. 3.11.1 определяют уровень тона, соответствующий минимальному размеру точки растра. Правую крайнюю точку градационной кривой смещают вниз до этого уровня откорректированного тона.

В результате тоновый диапазон изображения несколько сужается, но больше не содержит в себе тонов, вызывающих деградацию деталей.

3.11.3. Преобразование цветовой модели

Если графическое проектирование выполнялось с использованием цветовой модели RGB, то перед выводом его результатов с помощью полиграфического процесса они должны быть переведены в цветовую модель CMYK. Необходимость такого преобразования обусловлена технологией полиграфического процесса офсетной печати, в котором применяют четыре триадные краски: бирюзовую, пурпурную, желтую и черную.

Цветовую модель преобразуют средствами графического редактора с помощью специальной команды меню. К сожалению, эта операция сопряжена с искажениями визуальной информации, обусловленными несовпадением цветовых пространств CMYK и RGB. Чтобы уменьшить эти искажения, рекомендуется воспользоваться системой управления цветом. Вопросы, связанные с ее применением, рассматривались в *разд. 1.3.11* и *1.3.12*.

3.11.4. Цветоделение, деленные формы и приводка цветов

Цветоделение — преобразование цвета, использованного в изображении, в совокупность параметров цветовой модели. Этот процесс выполняется в графических редакторах пиксельного изображения при редактировании, когда мазки инструментов рисования наносят на слои. Результат преобразования фиксируется в каналах цвета (см. *разд. 3.4.4*).

При подготовке тиража результатов графического проекта могут формироваться и выводиться на печать деленные формы. *Деленной формой* называется представленное в форме растрированного отпечатка монохромное изображение, соответствующее цветовому каналу. Деленные формы — отпечаток,

выполненный на прозрачном носителе. В дальнейшем деленные формы монтируются в спусковые полосы, необходимые для изготовления печатных форм.

Как правило, деленные формы создаются при помощи фотонаборных автоматов — лазерных печатающих устройств с высокой точностью и большим аппаратным разрешением. На полях деленных форм размещают надпись, обозначающую цвет, соответствующий деленной форме, денситометрические шкалы и приводочные метки (*см. далее в этом разделе*).

В процессе печати полиграфические растры, соответствующие каждой из деленных форм, последовательно печатаются на одном листе. Чтобы цветное изображение получилось качественным, необходимо точное согласование этих растров. Комплекс мероприятий по настройке печатного прессы, направленных на точное выравнивание в процессе печати растров нескольких деленных форм называется *приводкой цветов*.

Чтобы обеспечить достаточную точность приводки, при выводе деленных форм на их полях размещают приводочные метки. *Приводочные метки* — знаки в виде пересекающихся под прямым углом тонких коротких линий, нанесенных на поля оригинала, деленных форм и их спусковых полос — служат для контроля совмещения красок на оттиске при печатании и для оценки приводки после печатания. На каждой деленной форме приводочные метки присутствуют в одном и том же месте и располагаются симметрично, при отделке печатной продукции их удаляют (срезают). Внешний вид приводочных меток, надписей и денситометрических шкал на полях деленной формы представлен на рис. 3.11.2.



Рис. 3.11.2. Приводочные метки и денситометрические шкалы на деленной форме, соответствующей черному цвету

3.11.5. Треппинг

Треппинг составляет часть процесса допечатной обработки, цель которого — правильное взаимное размещение наносимых на бумагу хроматических и ахроматических плашечных красок при наличии допуска на параметры регулировки печатных прессов, отклонениях бумаги от стандарта и произвольных вариациях внешних факторов (например, влажности и температуры в печатном цехе). *Треппинг* представляет собой совокупность мер, препятствующих образованию зазоров на границе двух цветных областей при печати. В местах неточной приво́дки (из-за смещения пленок, печатных форм, незначительного изменения размеров бумаги при прохождении через печатный станок и множества других факторов) возникает просвечивание незапечатанной бумаги, либо в месте перекрытия двух объектов разных цветов появляются рамки или ореолы нежелательных цветов. Эти артефакты становятся заметными, когда рядом друг с другом располагаются два элемента с контрастными цветами.

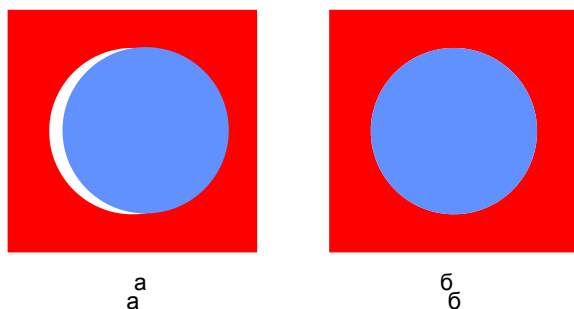


Рис. 3.11.3. Схема возникновения дефектов печати при нарушении приво́дки:
а — погрешность приво́дки проявляется в виде незапечатанной полосы бумаги;
б — расширение

Для устранения небольших нарушений приво́дки служит технология треппинга, в соответствии с которой соприкасающиеся цвета перекрываются и слегка накладываются друг на друга, но в ограниченных пределах. С одной стороны, зоны перекрытия цветов должны обеспечить достаточную компенсацию, чтобы избежать видимых дефектов при реальных условиях печати, с другой стороны, они не должны приводить к появлению новых артефактов. Треппинг может выполняться на уровне графического приложения или при растривании.

Треппинг на уровне приложения обеспечивает графический редактор. Пользователь задает значения управляющих параметров треппинга, обычно на

уровне страницы или объекта, средствами пользовательского интерфейса перед выводом документа в файл PostScript. При этом возможны следующие операции:

- ❑ *Подавление запечатываемого цвета* — удаление частей графических объектов, имеющих заливку, перекрытых другими объектами с заливкой. Это действие выполняется всегда, поскольку печать одной плашечной краски поверх другой приводит сразу к двум нежелательным явлениям: переувлажнению бумаги и искажению цвета.
- ❑ *Затягивание* — стягивание "отверстия" в светлом фоне по отношению к более темному объекту переднего плана. Так как более темный из соприкасающихся цветов определяет видимый край объекта после треппинга, небольшое перекрытие темного объекта светлым фоном сохраняет видимую правильность его формы.
- ❑ *Расширение* — увеличение светлого объекта на темном фоне. Так как более темный из соприкасающихся цветов определяет видимый край объекта после треппинга, небольшое перекрытие светлым объектом темного фона помогает сохранить правильность видимого контура.
- ❑ *Запечатывание* — печать одного цвета поверх другого. Этот прием, состоящий в отказе от подавления запечатываемого цвета, в некоторых случаях предпочтительнее затягивания и расширения, например, когда черный текст, набранный мелким кеглем, или тонкие темные линии расположены на цветном фоне.

Какую из операций следует применять к каждой паре соприкасающихся цветов, определяется по тому, который из них темнее — для этого анализируется светлота краски.

Треппинг в растровом процессоре — автоматическая процедура, выполняющаяся во время растривания при интерпретации файла печати на языке PostScript. Управляющие параметры треппинга можно задавать с помощью интерфейса драйвера или графического редактора (в этом случае они сохраняются в файле PostScript). Такой тип треппинга осуществим только при условии, что его обеспечивает процессор растривания, встроенный в интерпретатор языка PostScript на уровне программного обеспечения печатающего устройства.

ПРИМЕЧАНИЕ

Как правило, такие возможности встраиваются в интерпретаторы PostScript Level 3.

Список новых терминов

- ☐ Допечатная подготовка
- ☐ Растривание
- ☐ Растискивание точек
- ☐ Деграция деталей
- ☐ Денситометрическая шкала
- ☐ Минимальный размер воспроизводимой точки
- ☐ Максимальный размер воспроизводимой точки
- ☐ Цветоделение
- ☐ Деленная форма
- ☐ Приводка цветов
- ☐ Приводочные метки
- ☐ Треппинг
- ☐ Подавление запечатываемого цвета
- ☐ Затыгивание
- ☐ Расширение
- ☐ Запечатывание

Контрольные вопросы

1. Какие процессы входят в допечатную подготовку издания?
2. Какие программные средства могут выполнять построение полиграфического растра?
3. За счет чего возникает растискивание точек полиграфического растра?
4. Что представляет собой деграция деталей в светах?
5. Каково назначение денситометрических шкал?
6. Как можно компенсировать растискивание точек и деграцию деталей в светах?
7. Для чего предназначена операция цветоделения?
8. Что представляет собой деленная форма?

9. С какой целью в полиграфии выполняют приводку цветов?
10. Для чего предназначена процедура треппинга?
11. В каких случаях треппинг лучше не выполнять?
12. Какие операции выполняются в процессе треппинга?

Темы для обсуждения

1. Цикл допечатной подготовки для различных типов графических проектов.
2. Сравнительный анализ полиграфического и стохастического раstra.
3. Современные тенденции в развитии процесса треппинга.

Глоссарий

Adobe Illustrator — редактор векторных изображений и соответствующий ему формат представления информационных моделей векторного изображения в графическом файле.

Adobe PostScript — формат представления векторной графической информации, предназначенной для вывода на печатающее устройство.

BMP — формат пиксельного графического файла.

CorelDRAW — редактор векторных изображений и соответствующий ему формат представления информационных моделей векторного изображения в графическом файле.

EMF — Extended MetaFile (расширенный метафайл), разработанный на основе WMF, новый формат графического файла, в котором были устранены недостатки его предшественника и добавлены новые возможности.

Encapsulated PostScript — формат представления векторной графической информации, использующий упрощенную версию языка *PostScript*. Не позволяет сохранять многостраничные документы.

EPS — формат пиксельного графического файла.

GIF — формат пиксельного графического файла.

JPEG — 1) алгоритм разрушающего сжатия изображения; 2) формат пиксельного графического файла.

Kodak Photo CD — формат представления коллекции изображений на компакт-диске.

LZW — алгоритм неразрушающего сжатия изображения.

PCD — формат пиксельного графического файла.

PCX — формат пиксельного графического файла.

PDF — Portable Document Format (формат портативного документа), формат передачи комплексных документов, включающих в себя текст, графические

изображения и фрагменты мультимедиа по сетям связи, гарантирующий одинаковое отображение документов у разработчика и у клиента.

PNG — формат пиксельного графического файла.

PNG — формат пиксельного графического файла.

PostScript — язык представления векторной графической информации, предназначенной для вывода на печатающее устройство.

PSD — формат пиксельного графического файла.

RLE — алгоритм неразрушающего сжатия изображения.

SVG — Scalable Vector Graphics (масштабируемая векторная графика), формат представления информационных моделей векторного изображения в графическом файле, предназначенный для размещения изображений на страницах Web. Позволяет описывать как статические, так и динамические (т. е. анимированные) информационные модели векторных изображений.

TIFF — формат пиксельного графического файла.

TWAIN (Technology Without Any Interesting Name) — стандарт, описывающий протокол, согласно которому программное обеспечение сканирования взаимодействует с программным обеспечением графического редактора в процессе сканирования и подготовки к нему.

WMF — Windows MetaFile (метафайл Windows), формат графического файла, предназначенный для переноса изображений через системный буфер между программами, работающими в среде операционной системы Windows.

Абзац — последовательность символов простого текста, начинающаяся с новой строки и заканчивающаяся специальным символом конца абзаца.

Абзацный отступ — смещение первого символа первой строки абзаца относительно линии *втяжки*.

Агрегация — устойчивая именованная совокупность графических объектов, над которыми можно совместно выполнять операции редактирования.

Аддитивные модели — цветовые модели, в которых для создания светового потока со спектральным распределением, визуально воспринимаемым как нужный цвет, используется операция пропорционального смешивания света, излучаемого тремя источниками.

Альбомная ориентация — расположение листа при печати таким образом, что в напечатанной копии документа длинная сторона листа оказывается ориентированной горизонтально.

Альфа-канал — вспомогательное монохромное изображение в составе пиксельного графического документа, предназначенное для хранения маски.

Анимация — создание иллюзии движения за счет демонстрации быстро сменяющихся друг друга изображений.

Артефакт — элемент графического изображения, самопроизвольно возникающий в процессе его обработки и вызывающий его "засорение". Разновидность визуального шума.

Атрибут (свойство) класса графических объектов — именованное значение, характеризующее какую-либо особенность объекта, один из его аспектов.

Ахроматическая точка — область пиксельного изображения, в которой значения всех трех параметров цветовой модели RGB должны быть равными.

Ахроматические цвета — черный, белый и оттенки серого.

Базовая линия — отрезок прямой, с которым совмещаются основания символов, составляющих строку текста, без учета подстрочных элементов.

Базовый слой — нижний из слоев макетной группы, определяющий прозрачность или непрозрачность пикселей изображений остальных ее слоев.

Белая точка — уровень тона исходного изображения, которому после коррекции будет соответствовать 100%-ная светлота пиксела.

Библиотека стандартных фрагментов — набор *стандартных фрагментов*, который сохраняется в составе информационной модели изображения или автономно, в отдельном файле.

Блокировка — придание графическому объекту особого статуса, исключающего его редактирование и преобразование.

Буквица — первый символ абзаца, выделенный более крупным, чем основной текст, кеглем и особым образом расположенный по отношению к строкам абзаца.

Быстрая маска — способ отображения *выделенной области* в виде вспомогательного монохромного изображения, расположенного на полупрозрачном слое поверх основного изображения.

Векторизация (пиксельного изображения) — построение векторного изображения по пиксельному.

Верстка — размещение текста на странице документа, а иногда — и результат этого процесса.

Ветвь линии — непрерывная последовательность сегментов и узлов.

Вид обводки — заранее заданное сочетание штрихов и просветов, повторяющееся вдоль всей обводимой линии.

Визуальный шум — элементы изображения, отсутствовавшие в исходном варианте изображения, но появившиеся на нем в результате выполнения операции обработки.

Встраивание цветового профиля — включение цветового профиля устройства ввода в графический файл, содержащий информационную модель изображения.

Втяжка — расстояние от края рамки простого текста до линии, соединяющей края строк абзаца (линии втяжки).

Выделение объекта или группы объектов — формирование совокупности объектов, к которым будут применяться последующие операции редактирования.

Выделенная область — совокупность пикселей изображения, на которые будут распространяться последующие операции редактирования.

Выносная точка обзора — середина части изображения, по которому преобразованием линзы будет строиться подчиненный объект.

Выравнивание — атрибут форматирования текста, определяющий, каким образом слова будут размещаться вдоль строк.

Выравнивание — размещение выделенных графических объектов так, чтобы определенные их точки (например, крайние левые) располагались на общей прямой.

Габариты графического объекта — длины параллельных осей координат страницы сторон прямоугольника, в который этот графический объект вписан.

Гамма — величина смещения серой точки из положения, которое она занимает в тоновом диапазоне по умолчанию.

Гамма-коррекция — вариант тоновой коррекции, при которой *серая точка* смещена из среднего положения между "черной" и "белой" точками.

Гарнитура — рисунок полного набора символов алфавита, разработанный художником-шрифтовиком.

Гистограмма тонов — (гистограмма распределения уровней тона) графическое представление распределения пикселей изображения по значениям параметров модели цвета.

Глубина цвета — число двоичных разрядов, которые отводятся в информационной модели цвета для хранения информации о цвете одного элемента изображения.

Градационная кривая — графически заданная зависимость, связывающая исходный и откорректированный уровни тона пикселей изображения.

Градиентная заливка — заполнение ограниченной замкнутой линией (или ветвью составной линии) части плоскости цветом, меняющимся в соответствии с закономерностью, заданной с помощью управляющей схемы, фикси-

рующей местоположение и цвет "опорных фигур", в которых цвет заливки задается. В промежутках между опорными фигурами цвет градиентной заливки плавно меняется, "перетекает".

Граница выделенной области — линия, отделяющая пиксели со *степенью выделенности*, отличной от 0%, от пикселей, не вошедших в выделенную область.

Графика компьютерная — научно-прикладная дисциплина, изучающая автоматизированные информационные процессы, связанные с различными аспектами работы с изображениями, представленными в цифровой форме в соответствии с той или иной информационной моделью.

Графический документ — модификация информационной модели изображения, предназначенная для использования в той или иной прикладной области компьютерной графики или специально для работы с тем или иным программным средством.

Графический проект — действия, направленные на создание изображений, предназначенных для решения той или иной задачи или сами эти изображения.

Группа — именованная агрегация, позволяющая обращаться с входящими в нее объектами как с единым целым, выполняя преобразования над группой как над одним объектом.

Группа дочерняя — *группа*, входящая составным элементом в другую группу.

Группа огибающей — класс составных объектов, предназначенных для деформирования части исходного изображения, имитирующего растягивание или сжатие эластичной пленки с изображением в соответствии с изменением формы ее границы, определяющейся огибающей линией.

Группа перспективы — класс составных объектов, предназначенный для эффектов, имитирующих объем и глубину изображения.

Группа прозрачности — класс составных объектов, включающий в себя два управляющих объекта (исходный объект и *линзу прозрачности*) и предназначенный для имитации неоднородной прозрачности исходного объекта.

Группа связанных слоев — совокупность слоев пиксельного изображения, в которой любое аффинное преобразование, выполненное с одним из слоев группы (смещение, поворот, масштабирование), автоматически выполняется с теми же значениями управляющих параметров и на остальные слои группы.

Группа экструзии — класс составных объектов, имитирующих внешний вид тел, полученных методом выдавливания через отверстие в плоском листе.

Грэббер — программа, предназначенная для считывания содержимого видеопамати монитора и формирования по нему пиксельного изображения,

которое либо помещается в системный буфер обмена, либо сохраняется как графический документ в одном из форматов пиксельной графики.

Деградация деталей — исчезновение самых малых точек полиграфического растра за счет погрешностей при переносе изображения в процессе печати.

Деленная форма — представленное в форме растрированного отпечатка монохромное изображение, соответствующее цветовому каналу.

Деловая графика (бизнес-графика) — специальный класс графических изображений, позволяющих представлять в наглядной форме числовые данные и снабжать графическими комментариями изображения различного назначения (например, диаграммы, выноски, значки).

Денситометрическая шкала — специальное изображение, отпечатанное на офсетном прессе на той же бумаге и при тех же настройках, при которых будет печататься тираж.

Дескриптор — структурный элемент информационной модели изображения, совокупность данных, содержащих в себе информацию об отдельном структурном элементе изображения.

Деформации — несколько классов составных объектов, предназначенных для неразрушающего деформирования исходного изображения с помощью объектов-модификаторов, недоступных для непосредственного редактирования в интерактивном режиме.

Динамический тоновый диапазон — вся совокупность тонов, присутствующих в отдельном изображении.

Допечатная подготовка — подготовка документа к получению отпечатка на печатающем устройстве любого типа или с помощью полиграфического процесса.

Драйвер графического устройства — специализированная программа, в функции которой входит управление аппаратными средствами, например, устройствами ввода и вывода.

Дублирование — операция копирования, совмещенная с последующим размещением копии объекта.

Дуплекс — два наложенных друг на друга при печати монохромных изображения, одно из которых ахроматическое, а в другом в качестве базового цвета монохромной шкалы используется темный хроматический цвет. Оба изображения получают из общего оригинала с помощью тоновой коррекции по градационным кривым, обеспечивающим различие распределения тонов.

Завершитель — способ выполнения обводки краевых узлов линии.

Заготовка (линии переменной ширины) — алгоритм, рассчитывающий ширину линии в каждой ее точке по расстоянию от начального узла направляющей линии и максимальной ширине.

Задник цифровой — модификация цифровой фотокамеры, с которой работают в условиях фотостудии, приставка к традиционным широкоплечным камерам, формирующая очень большие по размеру информационные модели пиксельных изображений.

Заказная градиентная заливка — градиентная заливка, при формировании которой используется более двух опорных точек.

Закругление — вариант завершителя линии, при котором обводка "обрезается" по окружности с диаметром, равным толщине обводки, а центр располагается в краевом узле.

Заливка — совокупность параметров информационной модели, определяющая способ графического заполнения внутренней части замкнутых объектов.

Заливка узором — заполнение замкнутой фигуры пиксельным изображением, которое формируется как результат повторения *раппорта*.

Замкнутая линия — линия, не имеющая *краевых узлов*.

Зеркальное отражение — частный случай масштабирования с отрицательным значением коэффициента масштабирования.

Изображение — объект, использующийся для представления информации в процессе визуальной коммуникации (*см. коммуникация визуальная*). Воспринимается потребителем информации через канал зрения.

Изогелия — перевод полноцветного или монохромного изображения в предельно контрастное монохромное или штриховое изображение, а также результат такого перевода.

Именованный набор слоев — совокупность слоев пиксельного графического документа, которая может совместно перемещаться относительно стопки и синхронно менять значение признака видимости, не обладая при этом свойствами группы связанных слоев.

Имитация — совокупность приемов построения пиксельного изображения, позволяющих придать ему особенности, характерные для той или иной традиционной художественной техники.

Импозиция (электронный спуск полос) — размещение нескольких страниц многостраничного графического документа на листе печатающего устройства.

Импорт — чтение графического документа, представленного в виде файла в формате, отличном от собственного формата документов графического ре-

дактора, и преобразование его в формат внутреннего представления информационной модели для последующей обработки.

Импорт пиксельного изображения — считывание данных изображения в пиксельном формате и преобразование содержащегося в них пиксельного изображения в объект класса "Пиксельное изображение".

Инверсия — преобразование пиксельного изображения, при котором все параметры аддитивной или субтрактивной цветовой модели для каждого его пиксела изменяют свое значение на дополнительное до максимального.

Индекс — номер цвета в палитре цветов индексированной модели цвета.

Индекс — форматное преобразование текста, состоящее в уменьшении кегля и смещении преобразованных символов по вертикали вверх или вниз относительно базовой линии строки текста.

Индексированная модель цвета — нумерованная совокупность цветов, составляющих палитру.

Интерлиньяж — атрибут форматирования текста, управляющий расстоянием между базовыми линиями смежных строк. Измеряется либо в абсолютных значениях (расстояние задается в *пунктах*), либо — в относительных (расстояние задается в процентах от кегля, которым набран текст).

Интерполяция цвета — правило определения значения параметров цветовой модели вновь создаваемого пиксела по значениям параметров ранее имевшихся пикселов, которые новый пиксел перекрывает при повторном растривании.

Интерфейс пользователя — совокупность управляющих объектов, на которые пользователь может воздействовать в процессе работы с программным продуктом через устройства ввода (объектная часть интерфейса), и процедур, выполнение которых приводит к осмысленному результату (процедурная часть).

Исключение — логическая операция, состоящая в удалении перекрывающихся частей исходного и исключаемого объекта (объектов).

Истинная прозрачность — состояние пиксела, при котором он не участвует в выводе изображения.

Калибрование — согласование цветовых пространств устройств, используемых в графическом проекте, обеспечивающая эффективность работы системы управления цветом.

Канал цвета — вспомогательное монохромное изображение, размеры и разрешение которого совпадают со значением тех же параметров раstra графического документа, а значение управляющего параметра цвета монохромной

модели равно значению соответствующего компонента цветовой формулы пиксела основного изображения.

Капитализация — результат преобразования строчных символов текста в прописные той же гарнитуры без изменения их кегля.

Капитель — результат преобразования строчных символов текста в прописные без изменения их высоты.

Каркасная линза — *линза*, позволяющая заменять цвета заливки и обводки перекрытых объектов на цвета, заданные управляющими параметрами, или отменять их.

Квадрат — вариант завершителя линии, при котором обводка "обрезается" по квадрату со стороны, равной толщине обводки, центр которого располагается в краевом узле.

Квадратная градиентная заливка — градиентная заливка, в которой цвет неизменен вдоль опорных линий, представляющих собой концентрические квадраты.

Кегль — высота символов текста в пунктах.

Кернинг пар — регулирование расстояния между соседними символами в случаях, когда стандартное расстояние, предусмотренное гарнитурой, выглядит неадекватным из-за особенностей графики символов.

Класс графических объектов — совокупность объектов, обладающих свойством структурной идентичности, одинаковым списком атрибутов и набором методов работы с ними, а также ее формальное описание.

Клипарт — см. *коллекция изображений*.

Клон — совокупность объекта и нескольких его копий, сохраняющих связь с оригиналом.

Клонирующая кисть — интерактивный инструмент рисования, формирующий мазок заданной текстуры, цвет которого автоматически определяется цветом пикселей источника клонирования.

Книжная ориентация — расположение листа при печати таким образом, что в напечатанной копии документа длинная сторона листа оказывается ориентированной вертикально.

Коллаж — 1) изображение, составленное из нескольких фрагментов, каждому из которых соответствует отдельное изображение; 2) композиция, включающая в себя фрагменты векторных и пиксельных изображений.

Коллекция изображений — совместно хранящаяся подборка заранее подготовленных изображений, предназначенных для дальнейшего использования в графических проектах.

Колонка текста — см. *многоколонный набор*.

Коммуникация визуальная — информационный процесс, при котором информация передается от источника (автора) потребителю через канал зрения.

Коническая градиентная заливка — градиентная заливка, в которой цвет неизменен вдоль опорных линий, представляющих собой радиусы окружности.

Коннектор — составной графический объект, соответствующий прямой или ломаной линии, присоединяющийся своими краевыми узлами к точкам соединения двух графических объектов основного изображения.

Контрастность областей — ситуация, при которой контраст произвольной пары пикселей внутри любой области пренебрежимо мал по сравнению с контрастом произвольной пары пикселей из разных областей.

Контрастность пикселей — разность тонов, соответствующих этим пикселям.

Контур — в пиксельной графике — переходная область между смежными областями изображения, контрастность которых превышает заданное пороговое значение.

Координатная сетка — совокупность линий, перпендикулярных координатным осям системы координат страницы, расположенных с фиксированным шагом.

Координаты цветовой — совокупность трех параметров, однозначно определяющих местоположение соответствующей определенному цвету точки в цветовом пространстве. В различных цветовых моделях цветовые координаты имеют различный физический смысл.

Копирование графического объекта — создание экземпляра того же класса графических объектов с той же структурой и теми же значениями атрибутов, что у исходного.

Корректирующий слой — средство выполнения обратимых преобразований нижележащих слоев. На этом слое не содержится никакого изображения, он предназначен только для сохранения типа и управляющих параметров преобразования.

Краевой узел — узел, смежный только с одним сегментом линии.

Кромка — см. *контур*.

Линейная градиентная заливка — градиентная заливка, в которой цвет неизменен вдоль опорных линий, представляющих собой отрезки прямых, и любой прямой, параллельной им.

Линза — составной объект, в котором по управляющему объекту и управляющим параметрам строится пиксельный или векторный подчиненный

объект, представляющий собой результат преобразования части изображения, перекрытого управляющим объектом линзы.

Линза "рыбий глаз" — линза, позволяющая особым образом исказить изображение: перекрытая часть изображения воспроизводится в подчиненном объекте без искажений в середине, но с сильным сжатием по краям.

Линза негативного изображения — линза, строящая подчиненный объект, заменяя цвета перекрытых объектов на дополнительные и яркость перекрытых объектов на дополнительные до 100% значения.

Линза прозрачности — управляющий объект группы прозрачности, по форме совпадающий с исходным объектом этой группы, но имеющий не зависящую от него индивидуально назначаемую монохромную заливку.

Линиатура — число линий, образованных элементами растра, приходящихся на единицу длины носителя.

Линия переменной ширины — класс составных объектов, предназначенный для имитации работы традиционными графическими инструментами, меняющими ширину пишущей части под нажимом, в первую очередь, пером.

Линия пурпурной цветности — криволинейная часть границы цветовой диаграммы xY , точки которой сопоставлены отсутствующим в спектре оттенкам монохромной шкалы с базовыми красным и пурпурным цветами.

Линия спектральной цветности — криволинейная часть границы цветовой диаграммы xY , точки которой сопоставлены чистым спектральным цветам, соответствующим излучению только одной из частот видимой части спектра.

Логическая операция — операция редактирования векторного изображения, позволяющая построить линию, форма и структура которой определяются ранее построенными графическими объектами и типом логической операции, которая над ними выполняется.

Локус — *цветовой охват* человеческого зрения для т. н. стандартного наблюдателя, совокупность всех визуально воспринимаемых цветов, различных по цветности, но совпадающих по яркости (суммарной энергии светового потока).

Мазок — класс составных объектов, представляющих собой деформацию по направлению управляющей кривой заранее построенного векторного или пиксельного изображения — *образца мазка*.

Макетная группа — совокупность смежных слоев многослойного графического документа, на которые распространяется действие одной и той же маски.

Маска — монохромное изображение вспомогательного назначения, предназначенное для снижения трудоемкости построения выделенной области

сложной формы или со сложным распределением степени выделенности пикселей. Маски могут также применяться для управления степенью прозрачности пикселей изображения.

Маска слоя — вспомогательное монохромное изображение, маска, определяющая степень дополнительной прозрачности пикселей слоя при рендеринге, воздействующая на один слой пиксельного изображения.

Мастер клона — объект, копии которого являются элементами *клона*.

Мастер-слой — специальная разновидность слоя, отличающаяся от стандартного слоя тем, что расположенные на нем объекты отображаются на всех страницах многостраничного графического документа.

Масштабирование — пропорциональное изменение размеров графического объекта по одной или обоим осям координат.

Масштабирующая линза — *линза*, имитирующая эффект настоящей стеклянной линзы, увеличивая или уменьшая изображение перекрываемых ею объектов.

Масштабное преобразование — изменение габаритных размеров графического объекта, записанных в его дескрипторе, в процессе *рендеринга*.

Метаданные — данные, описывающие изображение. Как правило, хранятся в том же файле, что информационная модель изображения, и включают в себя сведения об источнике изображения, условиях его формирования, дате и времени, авторе, ключевые слова и т. п.

Метамерия — свойство визуального восприятия, при котором световые потоки с различными спектральными распределениями вызывают ощущение одинакового цвета.

Метод информационной модели — алгоритм, выполнение которого позволяет изменять текущее состояние модели, т. е. состав ее дескрипторов и значения хранящихся в них свойств.

Метод класса — операция, определенная для графических объектов того или иного класса, с помощью которой объект можно создать, удалить или изменить значения его атрибутов.

Микширование каналов цвета — метод управляемого преобразования цветного изображения в монохромное.

Многоколонный набор — частный случай верстки с модульной сеткой, представляющей собой несколько прямоугольников, располагающихся по ширине страницы документа — *колонок*. Колонки располагаются внутри рамки простого текста, причем они связаны в цепочку таким образом, чтобы текст перетекал из колонки слева в соседнюю с ней колонку справа.

Моделирование трехмерное — комплекс методов и средств, предназначенных для создания сеточной информационной модели объекта (совокупности объектов), внесения в нее изменений, и построения по ней как отдельных изображений, так и их последовательностей, составляющих анимационные ролики.

Модель изображения информационная — совокупность данных, по которым можно однозначно построить изображение, и совокупность методов — операций, с помощью которых эту модель можно построить и модифицировать.

Модель информационная объекта или явления — совокупность структурированных данных, в достаточной полноте описывающая существенные для задач моделирования (релевантные) аспекты этого объекта или явления, и операций, с помощью которых пользователь может изучать модель и вносить в нее изменения.

Модуль подключаемый (плагин) — отдельно разрабатываемое и распространяемое программное средство для выполнения какой-либо специфической функции работы с информационной моделью изображения, не реализованной в составе графического редактора.

Модуль управления цветом — программное средство для выполнения преобразования цветовых пространств, часть системы управления цветом.

Модульная сетка — результат деления страницы документа на зоны размещения текста.

Монитор — устройство для преобразования видеосигнала в визуально воспринимаемое с небольшого расстояния изображение на экране.

Монохромная линза — линза, позволяющая преобразовать цвета обводок и заливок перекрываемых ею графических объектов в тона монохромной шкалы по критерию равенства светлоты исходного и итогового цвета.

Монохромная шкала — упорядоченная по возрастанию содержания базового цвета переднего плана совокупность всех цветов монохромной модели цвета.

Монтаж изображения — процесс формирования коллажа из отдельных изображений.

Муар — регулярная разновидность артефактов в виде повторяющихся пятен и полос.

Навигатор — инструмент позиционирования изображения, в состав которого входит миниатюра (его уменьшенная копия).

Наконечник обводки — стандартный графический фрагмент, размещаемый как часть обводки в краевых узлах обводимой линии.

Направление линии — атрибут, определяющий порядок последовательности ее узлов и сегментов.

Направляющая линия — часть управляющей схемы градиентной заливки, задающая направление, вдоль которого меняется цвет заливки.

Направляющая рукоятка — часть управляющей схемы узла линии, определяющая поведение выходящих из этого узла сегментов.

Направляющая прямая — вспомогательная прямая, расположенная в любом месте страницы и обладающая в аспекте привязки всеми свойствами линий координатной сетки.

Настройка цвета пиксельного изображения — группа операций, позволяющих изменять используемую модель цвета и корректировать цвета изображения.

Насыщенность — числовая характеристика цвета, задающая соотношение между количеством энергии, переносимой световыми волнами, лежащими в диапазоне, соответствующем *цветности*, и всеми остальными волнами светового потока. Это эквивалентно величине, на которую хроматический цвет отличается от равного ему по яркости ахроматического.

Нацвет — равномерно распределенный по изображению избыток того или иного цвета, нарушающий *цветовой баланс*.

Начальный узел — один из узлов линии, определяющий ее направление. В незамкнутой линии это один из *краевых узлов*, в замкнутой — один из *промежуточных узлов*.

Начертание — модификация рисунка символов гарнитуры за счет изменения толщины штрихов и их наклона.

Незамкнутая линия — линия, в составе которой имеются *краевые узлы*.

Нейтральный серый — оттенок черного цвета с формулой R127G127B127, равноотстоящий в шкале оттенков черного от базовых цветов.

Нейтральный цвет — в режиме наложения слоя цвет заливки пикселей накладываемого слоя, при котором итоговое изображение совпадает с изображением базового слоя.

Обводка — совокупность параметров информационной модели, управляющих цветом, шириной и другими характеристиками отображения линий.

Обесцвечивание — подавление цвета в изображении или ослабление его насыщенности.

Область предметная — совокупность объектов, имеющих существенное отношение к той или иной сфере деятельности и важных для этой сферы связей между ними.

Образец мазка — заранее построенное пиксельное или векторное изображение, сохраняющееся в библиотеке мазков для дальнейшего использования в качестве управляющего объекта в составных объектах класса "Мазок" и "Распылитель".

Обтекание простым текстом — неспецифический атрибут графических объектов, управляющий режимом их взаимодействия с рамками простого текста.

Обтравка — маскирование фоновой части пиксельного изображения с приданием ему необходимой формы.

Объединение — логическая операция, состоящая в удалении перекрывающихся частей объединяемых объектов и составлении из оставшихся фрагментов их линий новой линии, совпадающей с совокупным абрисом этих объектов.

Объект-модификатор — в некоторых классах составных объектов — автоматически создаваемый управляющий объект, не отображающийся на итоговом изображении.

Огибающая линия — управляющий объект составных объектов класса "Группа огибающей", определяющий форму деформации подчиненного объекта.

Однородная заливка — заполнение ограниченной замкнутой линией (или ветвью составной линии) части плоскости цветом, одинаковым в любой точке этой части.

Опорная точка — часть управляющей схемы градиентной заливки, задающая цвет опорного элемента заливки.

Опорный белый цвет — точка в нормированном цветовом пространстве xyY , соответствующая ахроматической точке *локуса*. Точные координаты зависят от *цветовой температуры* источника освещения, с помощью которого синтезируется цвет.

Оптическая разрешающая способность — предельное число *отсчетов*, которое устройство ввода может выполнить на единицу длины анализируемого изображения.

Ореол — совокупность замкнутых кривых, каждая из которых отстоит от управляющего объекта на заданное расстояние.

Осветляющая линза — *линза*, позволяющая изменять яркость изображения, перекрытого ею.

Отбивка — расстояние по вертикали между абзацами при верстке простого текста.

Отделение обводки — преобразование обводки линии в самостоятельный объект, не связанный с обводимой линией.

Отсчет (при сканировании) — процедура анализа цветовых характеристик в одной области сканируемого документа с преобразованием их в параметры той или иной цветовой модели, а также сама область сканируемого документа, подвергаемая анализу.

Падающая тень — класс составных объектов, предназначенных для имитации объемности и глубины изображения за счет добавления к ней элементов светотеневой картины.

Палитра индексированной модели цвета — таблица образцов цвета, устанавливающая соответствие номера ячейки палитры и цвета, при этом цвет задается средствами аддитивной модели цвета.

Параметризация — непосредственное задание значения того или иного атрибута графического объекта без применения к нему операций преобразования.

Переменная прозрачность — состояние пиксела изображения, в котором он, в зависимости от значения прозрачности, в большей или меньшей степени участвует в процедуре рендеринга.

Перенос — разрыв слова, располагающегося в конце строки, в соответствии с нормами орфографии, после которого начало слова с последующим знаком переноса (дефисом) остается на строке, а его оставшаяся часть размещается в начале следующей строки.

Пересечение — логическая операция, состоящая в удалении неперекрывающихся частей пересекаемых объектов и построении нового (новых) объектов из их перекрывающихся частей.

Пиксельный фильтр — преобразование импортированного пиксельного изображения по тому или иному алгоритму, выполняющееся с помощью дополнительных программных модулей, подключаемых к редактору векторного изображения.

Пиксельный эффект — преобразование импортированного пиксельного изображения по тому или иному алгоритму, выполняющееся средствами редактора векторного изображения.

Плагин — см. *модуль подключаемый*.

Плакатное перо — класс составных объектов, предназначенный для имитации работы традиционными графическими инструментами — плакатными перьями различной ширины.

Планишет графический — устройство графического ввода, представляющее собой панель, плоскость которой способна воспринимать касания и степень

нажима, а также координаты точки, в которой этот нажим осуществляется. Многие графические планшеты способны воспринимать также углы наклона и разворота пера.

Плашечная печать — полиграфическая технология воспроизведения изображения с помощью заранее подготовленных красок требуемого цвета.

Плотность — величина, дополняющая переменную прозрачность до 100%.

Поворот — преобразование графического объекта, при котором все его точки разворачиваются на заданный угол относительно центра преобразования.

Повторное растривание — преобразование пиксельного изображения, при котором меняется число пикселей в строках и/или столбцах растра этого изображения.

Подчиненный объект — часть составного графического объекта, автоматически порождаемая специальным алгоритмом по управляющим объектам и значениям управляющих параметров.

Ползунок средней точки — часть управляющей схемы градиентной заливки, задающая местоположение в градиентной заливке цвета, полученного при смешении цветов опорных точек в равной пропорции.

Полный тоновый диапазон — полная совокупность тонов, допустимая в цветовой модели изображения.

Полоса набора — предназначенная для размещения текста область, ограниченная параллельными линиями, между которыми по перпендикулярным им базовым линиям размещаются строки текста.

Полупрозрачная линза — линза, имитирующая перекрытие изображения полупрозрачным цветным стеклом или пленкой.

Порог контрастности — разница в значении тона, считаемая пренебрежимо малой при поиске границы контрастных областей.

Порог привязки — размер окрестности, в которой включается автоматическое перемещение размещаемого объекта.

Постеризация — 1) замена непрерывного полного тонового диапазона пиксельного изображения на дискретный, включающий в себя сокращенное число тонов; 2) явление, состоящее в появлении однотонных полос на пиксельном изображении при удалении из него отдельных смежных тонов.

Пошаговый переход (превращение) — составной объект, включающий в себя два, три или более управляющих объекта и совокупность подчиненных объектов. Форма, обводка и заливка подчиненных объектов строится таким образом, чтобы их упорядоченная совокупность фиксировала стадии последо-

вательного преобразования начального управляющего объекта в конечный управляющий объект.

Преобразование цветовых пространств — замена цветов исходного цветового пространства, которые невозможно представить в целевом цветовом пространстве, на представимые в нем цвета в соответствии с тем или иным методом.

Приводка цветов — комплекс мероприятий по настройке печатного пресса, направленных на точное выравнивание в процессе печати растров нескольких деленных форм.

Приводочные метки — знаки в виде пересекающихся под прямым углом тонких коротких линий, нанесенных на поля оригинала, деленных форм и их спусковых полос; служат для контроля совмещения красок на оттиске при печатании и для оценки приводки после печатания.

Привязка — вспомогательный механизм, позволяющий завершить операцию размещения в интерактивном режиме при соблюдении некоторого условия.

Принтер — см. *устройство печатающее*.

Промежуточный узел — узел линии, располагающийся между двумя смежными сегментами.

Прообраз — пиксельный вариант хранящегося в графическом файле векторного изображения.

Профилирование — процедура составления актуального цветового профиля графического устройства.

Псевдовекторизация — прием, позволяющий получить пиксельное изображение, выполненное в линейной технике, по исходному полноцветному или монохромному пиксельному изображению.

Пункт — полиграфическая единица длины, равная 1/72 дюйма (приблизительно 0,35 мм).

Радиальная градиентная заливка — градиентная заливка, в которой цвет неизменен вдоль опорных линий, представляющих собой concentрические окружности.

Разбиение — преобразование одной страницы выводимого документа в несколько страниц (полос), каждая из которых впоследствии печатается на отдельном листе.

Разделенный пошаговый переход — разновидность составного пошагового перехода, отличающаяся от обычного составного перехода тем, что создается

за счет придания статуса управляющего объекта одному из подчиненных объектов, несмежных с управляющими.

Размерные схемы — несколько классов составных объектов, предназначенных для простановки размеров на специальные изображения: схемы, планы и чертежи.

Размещение — помещение выделенного объекта или совокупности выделенных объектов в желаемом месте страницы графического документа.

Размытие — эффект постепенного увеличения прозрачности объекта по краям до полного исчезновения цвета его заливки.

Размытие границы выделенной области — см. *растушевка*.

Разрешающая способность устройства графического ввода — техническая характеристика, определяющая, в скольких точках на единицу длины изображения анализируются его цветовые характеристики.

Разрешающая способность устройства графического вывода — техническая характеристика, определяющая, какое количество точек (для устройств с растровым тоном) или пикселей (для устройств с непрерывным тоном) это устройство может разместить при выводе на единицу длины носителя.

Разрешение — число пикселей, приходящихся на единицу длины изображения, выведенного на экран или печать. Во избежание искажений значения разрешения по горизонтали и по вертикали обычно равны, но они могут и различаться.

Разъединение — операция, в результате которой исходный составной объект преобразуется в *группу объектов* других классов.

Раппорт — самосовмещаемый фрагмент изображения, размножением которого формируется заливка узором.

Раскрашивание (или *тонированием*) — назначение хроматических цветов отдельным областям монохромного изображения с сохранением распределения тонов, заданного исходным монохромным изображением.

Распределение — размещение объектов, при котором обеспечивается равенство расстояний между краями или серединами габаритных рамок распределяемых объектов или равенство интервалов между распределяемыми объектами.

Распылитель — класс составных объектов, позволяющих размещать вдоль заданной кривой многократные недеформированные копии *образца мазка*.

Растворение тени — эффект, состоящий в линейном увеличении *светлоты* тени по мере удаления от объекта, эту тень отбрасывающую.

Растреризация — преобразование векторного изображения в пиксельное изображение с заданным разрешением, размерами растра и цветовой моделью.

Растреризация — процедура преобразования векторного изображения или векторного элемента пиксельного графического документа в пиксельную информационную модель.

Растискивание точек — увеличение размеров точек полиграфического растра по сравнению с расчетным за счет растекания краски по носителю отпечатка.

Растр — 1) совокупность элементов изображения, полученная в результате процедуры растривания; 2) совокупность пикселей, составляющих изображение в пиксельной информационной модели; 3) в полиграфии — способ воспроизведения тонов цвета с использованием одной краски.

Растр типографский — прием, основанный на визуальном смыкании, при котором группа близко расположенных точек воспринимается как пиксел цвета, принадлежащего монохромной шкале, в качестве базовых цветов которой выбираются цвет краски, заряженной в печатающее устройство, и цвет носителя, на котором формируется отпечаток.

Растривание — 1) преобразование изображения с непрерывным тоном в полиграфический растр; 2) разбиение плоскости на одинаковые по форме выпуклые области, прилегающие друг к другу без зазоров — элементы растра.

Растривание — см. также *растреризация*.

Растушевка — модификация выделенной области таким образом, чтобы вдоль ее границы располагалась полоса пикселей, в которой степень выделенности снижалась бы до 0% в направлении от середины выделенной области к ее краю.

Реализация информационной модели — способ хранения данных информационной модели и набор программных средств, с помощью которых пользователь может работать с этими данными.

Регистр — способ форматирования символов. С помощью форматирования регистра текст может быть отображен как *капитель* или *капитализирован*.

Редактор графический — программное средство, обеспечивающее работу пользователя по изменению состава и значений параметров информационной модели изображения (редактирования).

Режим наложения слоя — способ определения цвета пикселя итогового изображения по цветам расположенных непосредственно друг над другом пикселей базового и накладываемого слоев.

Резкость изображения — соответствие ширины тоновых переходов в изображении его оригиналу.

Рендеринг — процедура построения изображения, соответствующего текущему состоянию информационной модели.

Репозиция — автоматическое перемещение выводимого на печать изображения относительно листа печатающего устройства.

Ретушь — устранение локальных дефектов пиксельного изображения (при помощи инструментов рисования, клонирования и локальной коррекции), а также исправление состояния изображения в целом в отношении распределения тонов и контурной резкости (при помощи соответствующих преобразований).

Рисование — в компьютерной графике — изменение цвета пикселей изображения с помощью того или иного инструмента из группы инструментов рисования.

Свертка текста — процедура, автоматически разделяющая простой текст на строки по мере заполнения рамки простого текста по ширине.

Свет — электромагнитные колебания высокой частоты, физиологически воспринимающиеся зрением — одним из органов чувств человека. Длины волн видимой части спектра электромагнитных колебаний находятся в диапазоне от 700 до 400 нм.

Светлота — характеристика визуального восприятия яркости цвета. Цвета с равными значениями светлоты выглядят одинаково яркими.

Сглаженный узел — узел линии, в котором *направляющие рукоятки* лежат на общей прямой, проведенной через выделенный узел. По крайней мере, один из сегментов, примыкающих к сглаженному узлу, должен быть криволинейным.

Сглаживание границы выделенной области — прием маскировки зазубренного края выделенной области за счет добавления по обе стороны от края пикселей с неполной степенью выделенности.

Сегмент линии — часть линии, соединяющая два смежных узла.

Серая точка — уровень тона исходного изображения, которому после коррекции будет соответствовать нейтральная светлота пиксела (уровень тона 127 при глубине цвета 8 bpp или L50%).

Сетчатая заливка — заполнение ограниченной замкнутой линией (или ветвью составной линии) части плоскости цветом, меняющимся в соответствии с закономерностью, заданной с помощью управляющей сетки, фиксирующей местоположение и цвет "опорных точек", в которых цвет заливки задается. В промежутках между опорными точками цвет градиентной заливки плавно меняется, "перетекает".

Сжатие изображения — преобразование пиксельной информационной модели в компактную форму путем изъятия из нее избыточной информации.

Сигнатура — совокупность страниц графического документа, размещенная на одном листе печатающего устройства.

Символ — элементарная структурная единица текста, представляющая собой единственный знак, имеющий графическое изображение.

Симметричный узел — *узел линии*, в котором *направляющие рукоятки* лежат на общей прямой, проведенной через выделенный *узел*, и имеют одинаковую длину. Симметричные узлы могут располагаться только на стыке двух криволинейных *сегментов*.

Система управления цветом (Color Management System, CMS) — программный комплекс, предназначенный для преобразования цветовых пространств используемых в графическом проекте устройств для получения визуально идентичного воспроизведения цвета на всех этапах работы над этим проектом.

Система цвета — совокупность специализированной модели цвета, программного обеспечения для включения этой модели в программы компьютерной графики, аппаратного и программного обеспечения, обеспечивающего реализацию модели в полиграфическом процессе.

Системы цветосовмещения — наиболее известные стандарты готовых и смесовых красок для плащечной печати, например, Pantone, Focoltone, Toyo.

Сканер — устройство, позволяющее формировать новую информационную модель изображения по его отпечатку без вмешательства пользователя и без графического редактора. Вместо отпечатка могут быть физические объекты, изображения которых требуется построить.

Сканер барабанный — *сканер*, в котором оригинал изображения закрепляется на поверхности цилиндрического барабана, который вращается в процессе сканирования.

Сканер планшетный — *сканер*, в котором оригинал изображения перед началом сканирования располагается на специальном предметном стекле — планшете.

Сканирование — автоматический процесс анализа отпечатка на прозрачном или непрозрачном носителе, в результате которого строится информационная модель пиксельного изображения.

Сколка — графический планшет больших размеров, приспособленный для кодирования чертежей. Аппаратное и программное обеспечение сколки позволяет формировать векторную информационную модель изображения.

Скос — преобразование графического объекта, при котором точки, расположенные вдоль одной из сторон его габаритного прямоугольника (базовой),

остаются неподвижными, а точки, расположенные вдоль противоположной стороны габаритного прямоугольника, смещаются параллельно ей. При этом все промежуточные точки объекта также смещаются в ту же сторону на расстояние, пропорциональное их удалению от базовой стороны габаритного прямоугольника.

Слово — составная структурная единица текста, представляющая собой последовательность символов, заканчивающуюся пробелом, знаком препинания или служебными символами конца строки.

Слой — агрегация, включающая в себя совокупность графических объектов, имеющая имя, атрибуты и занимающая в стопке определенное положение относительно других слоев.

Слой векторного изображения — специальный слой, позволяющий сохранять в составе пиксельного графического документа отдельные элементы векторного изображения, которые преобразуются в пиксельное изображение только при рендеринге.

Слой заливки — пиксельный слой графического документа, на который не распространяются операции индивидуального редактирования пикселей и их групп.

Слой пиксельного изображения — часть графического документа, совпадающая с ним по размерам и разрешению, но представляющая собой отдельное пиксельное изображение.

Смыкание визуальное — физиологическая особенность человеческого зрения, состоящая в том, что при рассматривании двух близко расположенных друг к другу объектов с большого расстояния они сливаются в один объект с усредненными цветовыми характеристиками.

Соединение — операция редактирования, выполняющаяся над несколькими графическими объектами, в результате которой получается *соединенная линия*.

Соединенная линия — линия, в состав которой входит более одной *ветви*.

Соляризация — частичная инверсия изображения, затрагивающая только изолированную часть его тонового диапазона.

Составной графический объект — совокупность управляющих и созданных специальным алгоритмом подчиненных графических объектов, образующая экземпляр объекта соответствующего класса.

Составной пошаговый переход — *пошаговый переход*, состоящий из двух или более обычных пошаговых переходов, в которых имеются общие управляющие объекты.

Состояние графического объекта — совокупность текущих значений его атрибутов.

Сохранение — преобразование формата внутреннего представления информационной модели изображения в формат графического документа и его запись средствами файловой подсистемы операционной системы в виде файла на устройство долговременного хранения.

Список маркированный — последовательность абзацев текста с одинаковым форматированием, в начале каждого из которых помещен *маркер списка*.

Спуск — см. *отбивка*.

Спусковой макет — схема расположения страниц печатаемого документа в *сигнатуре*.

Средник — свободное пространство между колонками текста.

Средства организации архивов изображений — программы, позволяющие организовывать хранение большого числа изображений и их эффективный поиск по различным критериям.

Средство программное — совокупность программных модулей, обеспечивающих автоматизацию выполнения операций с данными, представленными в формате той или иной информационной модели.

Средство просмотра изображений — программа, позволяющая преобразовывать информационную модель изображения, представленную в формате графического файла, в изображение на экране компьютера с целью его визуального анализа.

Срез — вариант завершителя линии, при котором обводка "обрезается" перпендикулярно обводимой линии через крайевые точки.

Стандартная градиентная заливка — градиентная заливка, при формировании которой используются только две опорные точки (и, соответственно, только два цвета).

Стандартный фрагмент — агрегация графических объектов, внесенная под определенным именем в библиотеку стандартных фрагментов для последующего многократного использования.

Степень выделенности — относительная величина, определяющая степень воздействия операций редактирования на пиксел изображения.

Стилизация — преобразование пиксельного изображения с целью придать ему особенности, характерные для той или иной традиционной художественной техники.

Стиль обводки — см. *вид обводки*.

Стопка объектов — список графических объектов, составляющих изображение, упорядоченный согласно их расположению по аппликате.

Строка — составная структурная единица текста, представляющая собой последовательность символов, заканчивающуюся служебным символом перевода строки или служебным символом конца абзаца.

Субтрактивные модели цвета (от англ. *subtract* — вычитать) — цветовые модели, в которых для создания светового потока со спектральным распределением, визуально воспринимаемым как нужный цвет, используется операция пропорционального вычитания из исходно белого светового потока его отдельных спектральных диапазонов.

Текст неразмещенный — часть текста, находящегося в рамке простого текста, но не отображенная при рендеринге из-за ограниченности размера этой рамки.

Текст простой — текстовый объект, при преобразовании которого меняется только форма рамки текста, но не очертания отдельных его символов.

Текст фигурный — текстовый объект, при преобразовании которого меняется как форма блока текста, так и очертания отдельных его символов.

Текстовый слой — 1) специальный слой, позволяющий сохранять в составе пиксельного изображения текст в векторном представлении; 2) структурная единица многослойного пиксельного графического документа, являющаяся носителем фигурного или простого текста, представленного в векторной форме.

Текстуризация — добавление к основному изображению вспомогательного, имитирующего текстуру того или иного материала.

Текстурная заливка — заполнение замкнутой фигуры пиксельным изображением, которое формируется как результат расчета по алгоритмической модели.

Тесселяция — разбиение плоскости на одинаковые по форме области, прилегающие друг к другу без зазоров — элементы тесселяции (см. *раппорт*).

Тип экструзии — управляющий параметр составного объекта класса "Группа экструзии", определяющий взаимное расположение точки схода и управляющего объекта, а также соотношение их размеров.

Толщина обводки — расстояние от одного края обводки до противоположного, измеренное вдоль направления нормали к линии, задающей форму обводки.

Тон — характеристика пиксела, численно равная значению одного из параметров цветовой модели, задействованной при создании изображения.

Тональная разрешающая способность растра — число оттенков базового цвета монохромной модели, которые могут быть воспроизведены за счет различной степени заполнения элементов типографского растра.

Тонирование — см. *раскрашивание*.

Тоновая коррекция — изменение тона пикселей изображения так, чтобы их распределение в динамическом тоновом диапазоне соответствовало желаемому.

Тоновая коррекция по уровням — процедура, в ходе которой задаются опорные значения тонов *черной точки* и *белой точки*, между которыми равномерно распределяются все тона динамического диапазона изображения.

Тоновая отсечка — метод преобразования монохромного изображения в штриховое.

Точка излома — узел линии, в котором наклон и длину *направляющих рукояток* можно изменять независимо друг от друга. К точкам излома условно относят также узлы, в которых соприкасаются два прямолинейных *сегмента*.

Точка печатающего устройства (с растровым тоном) — минимальных размеров область носителя изображения, которую это печатающее устройство может заполнить краской или частицами тонера, не выходя за ее пределы и не допуская внутренних просветов.

Точка привязки — точка начала локальных координат графического объекта.

Точка присоединения — узел графического объекта основного изображения, при перемещении которого построение подчиненных объектов *размерной схемы*, включающей в себя этот узел, выполняется заново.

Траектория — 1) векторная кривая в составе пиксельного графического документа; 2) линия, определяющая закономерность расположения символов размещенного на ней текста.

Трассировка (пиксельного изображения) — см. *векторизация*.

Трекинг — регулирование размера межсловных и межсимвольных расстояний для текста в целом.

Треппинг — совокупность мер, препятствующих образованию зазоров на границе двух цветных областей при печати.

Треугольник цветности — часть цветового пространства аддитивной и субтрактивной моделей цвета, сумма цветовых координат которых равна максимально возможному значению координаты. Содержит в себе по одному оттенку всех цветов, входящих в цветовой охват модели.

Триадные цвета — бирюзовый, пурпурный и желтый. В практике полиграфии при печати к триадным цветам добавляется черный.

Угол — способ выполнения обводки в промежуточных узлах линии, имеющих тип "точка излома".

Угол разворота — угол, образованный одноименными осями координат локальной системы графического объекта и системы координат страницы.

Узел линии — точка на плоскости изображения, определяющая положение одного из концов *сегмента* кривой и его направление в месте выхода из узла.

Управляющая схема — графическое представление информационной модели, позволяющее наглядно отображать значения атрибутов объекта и интерактивно изменять их.

Управляющий объект — часть составного графического объекта, определяющая форму, атрибуты и расположение подчиненных графических объектов, входящих в его состав.

Ускорение обводки и заливки — управляющий параметр пошагового перехода, определяющий скорость, с которой меняются значения параметров, управляющих атрибутами заливки и обводки подчиненных объектов.

Ускорение размещения — замена линейной функции определения координат точки привязки подчиненного объекта *пошагового перехода* в зависимости от его порядкового номера, на нелинейную.

Устройство графического ввода — периферийное устройство компьютера, позволяющее формировать новую информационную модель изображения и/или вносить изменения в существующую.

Устройство печатающее — периферийное устройство компьютера, преобразующее информационную модель изображения в визуально воспринимаемое изображение на плоском носителе (бумаге, ткани, полимерной пленке).

Фигурная обрезка — составной объект, позволяющий имитировать обрезку изображения по замкнутой кривой произвольной формы.

Фильтр импорта/экспорта — дополнительный модуль (плагин), реализующий в графическом программном средстве функции *импорта* и *экспорта*.

Фильтр эффекта — дополнительный программный модуль, реализующий процедуру преобразования пиксельного изображения или его выделенной части в соответствии с тем или иным алгоритмом и управляющими параметрами.

Формат графического файла — стандартная структура данных, в которую преобразуется графический документ при записи на носитель (для последующих хранения и обработки).

Хроматика — см. *цветность*.

Цвет — характеристика визуального образа, возникающего в результате взаимодействия источника (источников) света с длиной волны в диапазоне от 380 до 760 нм, рассматриваемого объекта и наблюдателя.

Цвета дополнительные — (то же, что *комплементарные*). Пара цветов, расположенных на противоположных концах одного диаметра *цветового круга*. Смешивание дополнительных цветов равной *насыщенности* и *светлоты* в равной пропорции дает ахроматический цвет.

Цветное гало — артефакт, возникающий в процессе имитации увеличения контурной резкости композитного полноцветного изображения. Выражается в появлении посторонних цветных полос вдоль контуров изображения.

Цветной ореол — см. *цветное гало*.

Цветность — числовая характеристика, имеющая одинаковое значение для всех оттенков одного цвета и различные значения для любой пары оттенков различных цветов. Определяет расположение цвета в спектре.

Цветовая коррекция — процесс согласованной *тоновой коррекции* каналов полноцветного изображения, в результате которой меняется *цветность* пикселей изображения, а их *светлота* остается без изменений.

Цветовая маска — замена одного или нескольких цветов импортированного пиксельного изображения на прозрачный цвет в векторной графике.

Цветовая модель — совокупность способов изменения спектрального распределения светового потока и способа задания значения параметров, совместно обеспечивающих воспроизведение желаемого цвета средствами компьютерной графики.

Цветовая проба — определение значений управляющих параметров цветовой модели в заданной точке изображения, а также элемент пользовательского интерфейса, предназначенный для выполнения этой процедуры.

Цветовая разрешающая способность — см. *глубина цвета*.

Цветовая температура — характеристика излучения источника света. Ее значение равняется температуре нагрева абсолютно черного тела, при которой последнее испускает излучение с той же цветностью, что и измеряемый источник.

Цветовое пространство — геометрическое место точек, каждая из которых сопоставлена определенному цвету. Положение этих точек определяется в трехмерной системе *цветовых координат*. В различных цветовых моделях цветовые координаты имеют различный физический смысл.

Цветовой баланс — соотношение цветов в изображении, обеспечивающее как его общий колорит, так и верность воспроизведения оттенков отдельных деталей.

Цветовой круг — диаграмма, в которой по окружности расположены насыщенные цвета, в центре круга расположена ахроматическая точка, а радиусам соответствуют монохромные шкалы.

Цветовой охват (gamut) — совокупность цветов, которые можно воспроизвести в рамках одной цветовой модели или на конкретном устройстве вывода, или цветов, которые могут быть зафиксированы с помощью конкретного

устройства ввода. Иногда говорят о цветовых охватах полиграфической технологии и даже о цветовом охвате зрения (см. *локус*).

Цветовой профиль графического устройства — представленный в стандартном формате массив данных, необходимых системе управления цветом для адекватного преобразования цвета между аппаратно-зависимым цветовым пространством графического устройства и аппаратно-независимым эталонным цветовым пространством.

Цветовые координаты — см. *координаты цветовой модели*.

Цветовое преобразование — процесс преобразования цвета, использованного в изображении, в совокупность параметров цветовой модели.

Центр преобразования — точка, относительно которой смещаются все точки преобразуемого графического объекта.

Черная точка — уровень тона исходного изображения, которому после коррекции будет соответствовать нулевая светлота пиксела.

Шкала градаций базового цвета — см. *монохромная шкала*.

Штриховое изображение — изображение, в информационной модели которого дескриптор цвета может принимать только одно из двух фиксированных значений.

Экземпляр класса — каждый из объектов, входящих в один класс.

Экран сенсорный — гибрид графических устройств ввода и вывода, представляющий собой монитор, экран которого способен воспринимать касания и степень нажима, а также координаты точки, в которой этот нажим осуществляется.

Экспорт — преобразование внутреннего представления информационной модели в формат, отличающийся от собственного формата документов графического редактора, с сохранением результата в виде файла.

Элемент клона — объект, автоматически воспроизводящий все операции редактирования, выполняемые над *мастером клона*.

Элемент типографского раstra — участок носителя фиксированных размеров, имеющий квадратную форму, часть площади которого (0–100%) может заполняться полностью запечатанными точками печатающего устройства.

Эффект слоя — автоматическое преобразование изображения слоя в соответствии с тем или иным алгоритмом.

Яркость — энергетическая характеристика света, пропорциональная энергии, переносимой световым потоком. Визуально она воспринимается как величина, на которую цвет отличается от черного.

Предметный указатель

A

Adobe Illustrator 294
Anti-aliasing 380
AutoCAD 295

B

BMP 348
Brightness 80

C

CIE 71
Color Management System, CMS 87
CorelDRAW 293

D

DCS 352
Dithering 64
dpi, dots per inch 312

E, G

EMF 295
Encapsulated PostScript 293
EPS 351
GIF 348

H

Hexachrome 84
Hue 79

I, J,

International Color Consortium, ICC 87
JPEG 347, 350

K, L

Kodak Photo CD 333
Lightness 81
LZW 347

P

PCD 351
PCX 348
PDF 294
PMS 83
PNG 352
PostScript 292
ppi, pixels per inch 307
PSD 352

R

RAW 340
RLE 346

S

Saturation 80
spi, samples per inch 310
SVG 294
sVGA 313

T, W

TIFF 349
TWAIN 338
WMF 295

А

Абзац 179
Агрегация 213
Акварель 468
Алгоритм:
 JPEG 347
 LZW 347
 RLE 346
Альбомная ориентация 297
Альфа-канал 385
Амплитуда 406
Анимация 23
Антиалиасинг 380
Артефакт визуальный 325
Атрибут:
 класса 108
 общий 109
 специфический 109

Б

Бизнес-графика 26
Блокировка 210
Буквица 189
Быстрая маска 378

В

Векторизация 283
 автоматическая 283
 ручная 285
Векторная информационная модель:
 достоинства 40
 недостатки 41
Верстка 185
Ветвь 131
Визуальная коммуникация 21
Визуальное смыкание 305
Вирирование 61
Втяжка 182
Выравнивание 175, 203

Г

Гамма-коррекция 403
Гарнитура 171

Гистограмма тонов 400
Глубина цвета 62
Градационная кривая 410
Градиентная заливка:
 заказная 156
 квадратная 159
 коническая 158
 радиальная 157
 стандартная 156
 ширина краевой зоны 157
Граница выделенной
 области 375
Графический документ 31
Графический планшет 21
Графический проект 32
Графический редактор 14
Группа 217
 дочерняя 217
 связанных слоев 360
Грэббер 342

Д

Деградация деталей
 в светах 494
Деленная форма 495
Денситометрическая шкала 494
Дескриптор 30
Деформация 235
 центробежная 235
 центростремительная 235
Допечатная подготовка 491
Драйвер графического
 устройства 15
Дублирование 207
Дуплекс 461

З

Завершитель 147
Законы Грассмана 55
Заливка 145
 PostScript 163
 градиентная 154
 линейная градиентная 155

однородная 151
сетчатая 160
текстурная 164
Запечатывание 498
Затягивание 498
Зеркальное отражение 206
Зигзаг 236

И

Изображение:
 монохромное 60, 396
 полноцветное 417
 часто встречающиеся дефекты 482
 штриховое 59, 391
Изогелия 460
Именованный набор слоев 361
Имитация 468
 цвета 64
Импозиция 299
Импорт 37, 279
Инверсия 464
Интерлиньяж 177
Интерполяция цвета 324
Интерфейс пользователя 34
Информационная модель 13
 изображения 30
 методы 30
 сеточная 24

К

Калибрование 93
Канал цвета 370
Капитализация 174
Капитель 173
Кегль 172
Кернинг пар 187
Класс:
 выноска 230
 графического объекта 105
 группа огибающей 232
 группа прозрачности 266
 группа экструзии 243
 деформация 234
 линии переменной ширины 224

мазок 226
перспектива 239
распылитель 227
Клипарт 33, 332
Клон 208
Клонирующая кисть 471
Книжная ориентация 296
Коллаж 286, 421
Коллекция изображений 332
Колонка 188
Компрессия 345
Коннектор 231
Контейнер 268
Контур 405
Координатная сетка 201
Копирование 207
Краска триадная 495
Кромка 405
Ксилография 474

Л

Линза 257
 "рыбий глаз" 262
 каркасная 262
 масштабирующая 259
 монохромного изображения 263
 негативного изображения 261
 осветляющая 260
 полупрозрачная 258
Линиатура 317
Линия:
 замкнутая 130
 многосвязная 131
 направляющая 155
 незамкнутая 130
 соединенная 131
 способы построения 132
Линогравюра 474
Локус цветов 73

М

Мазок 226
Макет 297
 спусковой 299

Макетная группа 388
Маркер центра заливки 158
Маска 383
 слоя 387
Мастер-слой 216
Масштабирование 205
 центр преобразования 205
Метаданные 15
Метамерия 53
Метка приводочная 496
Метод:
 класса 110
 микширования каналов
 цвета 398
МКО 71
Модульная сетка 185
Монохромная шкала 60
Монтаж 421
Муар 483

Н

Набор многоколонный 188
Навигатор 356
Направление линии 127
Направляющая 202
Направляющая рукоятка 128
Настройка цвета 279
Насыщенность 79
Нацвет 431
Начертание 172

О

Обводка 145
 атрибуты 146
 наконечник 149
 стиль 147
 толщина 146
 угол 148
 цвет 149
Обесцвечивание 457
Область выделенная 374

Оболочка слоя 445
Обтекание 183
Объект:
 выделенный 199
 падающая тень 239
 подчиненный 222
 составной 126
 составной графический 222
 управляющий 222
 элементарный 126
Объект-модификатор 232
Огибающая линия 232
Операция:
 выделения 199
 добавления 134
 замыкания линии 137
 изменения направления 137
 логическая 138
 обтравки 288
 отделения ветви 137
 отделения обводки 150
 размещения 200
 разрезания 134
 разъединения 137, 169
 сглаживания линии 137
 скоса 208
 слияния 134
 соединения 136
 треппинга 498
Определитель Габела 484
Ореол 255
 внутренний 256
 центральный 257
Отбивка 181
Оттенок цвета 60
Офорт 474

П

Палитра 62
Параметризация графического
 объекта 115
Пастель 473
Перенос 181

Перспектива 239
Пиксел 42
Пиксельная информационная модель:
 достоинства 44
 недостатки 44
Пиксельный фильтр 280
Пиксельный эффект 280
Плагин 14
Плакатное перо 223
Плашечная печать 83
Поворот 207
Подключаемый модуль 14
Ползунок средней точки 155
Порог контрастности 406
Постеризация 320, 403, 467
Пошаговый переход 248
 базовый 249
 по траектории 251
 с незамкнутыми управляющими
 объектами 254
 составной 253
Преобразование масштабное 117
Привязка 201
 порог 201
 режимы 202
Принтер 19
Программное средство 13
Прозрачность:
 истинная 362
 переменная 362
 полная 265
Профайл 87
Профилирование 93
Прямоугольник:
 специфические атрибуты 119
 специфические методы 119
Псевдовекторизация 460

Р

Радиус 406
 размытия 408
Разбиение 298
Размерные схемы 227
Размытие 241, 382

Разрешающая способность:
 аппаратная 309
 оптическая 310
 при выводе 312
 при съемке 309
 тональная 318
 цветовая 62
Разрешение 307
Раппорт 161
Раскрашивание 458
Распределение 204
Расстояние:
 межсимвольное 177
 межсловное 177
Растеризация 281, 448
Растискивание 493
Растр 42
 стохастический 320
Растрирование 42, 281, 491
 повторное 324
Растушевка 382
Растяжка 242
Реализация 355
Рендеринг 35
Репозиция 298
Ретушь 481
Рисование 392

С

Самосовмещаемость 161
Свертка текста 180
Светлота 81
Сглаживание линий 284
Сегмент 126
 криволинейный 127
 прямолинейный 127
Сенсорный экран 21
Сжатие 345
Сигнатура 299
Символ 170
Система:
 управления цветом 86
 цвета 84
 цветосовмещения 83
PMS 83

Сканер 334
Сканирование 33
Скручивание 237
Слово 170
Сложная звезда,
 специфические методы 123
Слой 215, 357
 базовый 388
 методы работы 216
 режим наложения 364
 специальный 361
 специфические методы 358
 специфические параметры 358
 текстовый 443
Слой-маска 388
Соляризация 465
Состояние объекта 108
Сохранение 36
Список маркированный 190
Спуск 181
Средство:
 организации архивов
 изображений 15
 просмотра изображений 15
Стандартный наблюдатель 71
Стаффаж 342
Степень выделенности 375
Стилизация 468
Стопка объектов 213
Строка 170

Т

Текст:
 на траектории 191
 неразмещенный 186
 простой 178
 фигурный 169
Текстуризация 463
Тень 239
Тесселяция 42, 208

Техника:
 имитации рисунка мелом 474
 имитации рисунка углем 475
Тип данных стандартный 108
Тон 399
 полиграфического раstra 491
Тонирование 458
Тоновая коррекция 398
 по уровням 401
Тоновая отсечка 394
Тоновый диапазон 399
Точка:
 ахроматическая 431
 белая 401, 432
 излома 129
 опорная 155
 печатающего устройства 316
 привязки 115
 серая 403
 черная 401, 433
Точка присоединения 228
Трассировка 283
Трекинг 177
Треппинг 497
Треугольник цветности 68

У

Угол разворота 117
Узел 126
 краевой 126
 начальный 127
 промежуточный 127
 симметричный 130
 специфические атрибуты 130
 специфические методы 130
Устройство графического
 ввода 20

Ф

Фигура стандартная 124
Фигурная обрезка 268

Фильтр эффекта 450
визуализации 453
деформирующий 453
добавляющий и убирающий
визуальный шум 453
имитационный 452
моделирующий мазки
инструмента 453
оформления 453
повышения резкости 453
преобразования в эскиз 455
размывающий 453
стилизации 455
текстуризации 455
Формат:
Adobe Illustrator 294
BMP 348
CorelDRAW 293
DCS 352
EMF 295
EPS 351
GIF 348
JPEG 350
Kodak Photo CD 333
PCD 351
PCX 348
PDF 294
PNG 352
PostScript 292
PSD 352
RAW 340
SVG 294
TIFF 349
WMF 295
графического файла 31
пиксельного графического
файла 345
Формула цвета 67
Фотоэлектронный умножитель 336
Фрагмент стандартный 219

Х

Хроматика 79
цвета 68

Ц

Цвет 49
дополнительный 78
запоминающийся 438
комплементарный 78
нейтральный серый 67
плащечный 420
триадный 77
Цветное гало 441
Цветной ореол 441
Цветность 68, 79
Цветовая диаграмма 73
Цветовая коррекция 429
Цветовая модель:
CMYK 79
HSB 80
HSL 81
Lab 82
RGB 66
XYZ 71
аддитивная 65
аппаратно-зависимая 65
выбор 418
индексированная 62
перцептивная 65, 71
субтрактивная 77
штриховая 59
Цветовая проба 431
Цветовая температура
источника света 75
Цветовое пространство 55
Adobe RGB 71
sRGB 70
Wide Gamut RGB 71
преобразование 90
Цветовой баланс 429
Цветовой круг 69
Цветовой охват 55
Цветовой профиль 92
Цветовой тон 79
Цветodelение 495
Цветосовмещение 430

Ш

Шелкография 477
Шум визуальный 325

Э

Экспорт 36
Экструзия 243
Элемент типографского
растра 316

Эллипс:

габариты 119
специфические атрибуты 120
специфические методы 121

Эффект:

воздушной перспективы 282
слоя 445

Я

Яркость 80