

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра радиоэлектронных средств

В. М. Алефиренко, Т. Г. Таболич

***КОМПЬЮТЕРНЫЙ ДИЗАЙН РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ
СРЕДСТВ***

Методическое пособие
для студентов специальности
«Моделирование и компьютерное проектирование
радиоэлектронных средств»
заочной формы обучения

Минск БГУИР 2010

УДК 004.92:621.396.6(075.8)
ББК 32.973.26 – 018.2 + 32.844я73
А48

Алефиренко, В. М.

А48 Компьютерный дизайн радиоэлектронных средств : метод. пособие для студ. спец. «Моделирование и компьютерное проектирование радиоэлектронных средств» заоч. формы обуч. / В. М. Алефиренко, Т. Г. Таболич. – Минск : БГУИР, 2010. – 28 с.
ISBN 978-985-488-577-3

Приведены содержание учебной дисциплины «Компьютерный дизайн радиоэлектронных средств», методические указания по ее изучению и контрольные вопросы по каждому разделу.

УДК 004.92:621.396.6(075.8)
ББК 32.973.26 – 018.2+32.844я73

ISBN 978-985-488-577-3

© Алефиренко В. М., Таболич Т. Г., 2010
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2010

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Компьютерный дизайн радиоэлектронных средств» входит в перечень дисциплин, завершающих подготовку инженера по радиоэлектронике в области моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств. *Целью* преподавания дисциплины является обучение основам компьютерной графики для проектирования радиоэлектронных средств и их компонентов с применением графических пакетов прикладных программ.

Основными *задачами* дисциплины являются:

- изучение основ теории цвета и цветовых моделей;
- изучение методов измерения, калибровки и управления цветом;
- изучение графических программ растровой, векторной и фрактальной графики.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- основные понятия теории цвета;
- цветовые модели, применяемые в графических редакторах растровой графики;

- основы измерения, калибровки и управления цветом;

- основные форматы графических изображений;

- возможности графических программ растровой, векторной и фрактальной графики;

уметь:

- различать цветовые модели и работать с ними;

- различать форматы графических изображений;

- работать с инструментами редакторов растровой графики;

- создавать графические объекты в программах векторной графики;

иметь представление:

- о принципах создания изображений с помощью фрактальных графических программ.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

РАЗДЕЛ 1. БАЗОВЫЕ ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

Тема 1.1. Введение в компьютерную графику

Компьютерная графика и области ее применения. Способы создания цифровых изображений. Разновидности компьютерной графики. Двухмерная графика. Полиграфия. Мультимедиа. Web-дизайн. 3D-графика и компьютерная анимация. САПР и деловая графика. Видеомонтаж.

Тема 1.2. Основы работы с цветом

Основные понятия теории цвета. Элементы цвета. Свет и цвет. Физическая природа света и цвета. Излученный и отраженный свет. Спектральные характеристики отражения и пропускания. Яркостная и цветовая информация. Цвет и окраска. Характеристики источника света. Стандартные источники. Особенности восприятия цвета человеком. Схема функционирования глаза человека. Колбочки и палочки. Спектральная чувствительность глаза к яркости. Факторы, влияющие на восприятие цвета наблюдателем. Субъективность ощущения цвета. Цветовой и динамический диапазоны.

Тема 1.3. Цветовые модели, системы соответствия цветов и цветовые режимы

Цветовые модели. Общие понятия. Виды цветовых моделей. Способы описания цвета. Аддитивные цветовые модели. RGB-модель. Понятия единичных цветов и треугольника цвета. Использование RGB-модели для воспроизведения цвета в компьютерах. Ограничения RGB-модели. Стандартизированные RGB-модели. Субтрактивные цветовые модели. CMY-модель. Красящие вещества. CMYK-модель. Различия в механизмах формирования цветов в RGB- и CMYK-моделях. Ограничения CMYK-модели. Перцепционные цветовые модели. HSB-модель. Цветовой тон. Насыщенность. Яркость. Достоинства и ограничения HSB-модели. Системы соответствия цветов и палитры. Системы соответствия цветов. Назначение эталона. Палитры. Триадные и плашечные цвета. Цветовые режимы. Виды цветовых режимов. Черно-белый режим. Режим градаций серого. Дуплексный режим. Режим RGB Color. Режим палитры. Режим CMYK Color. Режим Lab Color. Многоканальный режим. Режим Video.

Тема 1.4. Измерение, калибровка и управление цветом

Измерение и калибровка цвета. Проблема метрологии цвета. Система спецификаций. Колориметрические системы. Цветовая система RGB. Цветовая система XYZ. Цветовая система xyY. Возможности практического применения цветовой системы xyY и ее недостатки. Цветовая система Lab. Достоинства системы Lab. Системы управления цветом. Назначение систем управления цветом. Функции систем управления цветом. Принципы построения систем управления цветом. Аппаратно-независимое цветовое пространство. Цветовой профиль. Модуль управления цветом. Организация процесса управления цветом. Инструментальные средства измерения цвета. Создание цветовых профилей для устройств обработки и воспроизведения цвета. Калибровка и профилирование сканера. Калибровка и профилирование монитора. Калибровка и профилирование принтера.

Тема 1.5. Разрешение графических изображений

Понятие разрешения изображений. Пространственное и яркостное разрешение. Пространственное разрешение. Яркостное (цветовое) разрешение. Связь размера изображения с обоими типами разрешения. Входное разрешение. Разрешение сканера. Ввод изображения с помощью сканера. Оптическое и интерполяционное разрешение сканера. Разрешение цифровой камеры. Ввод изображения с помощью цифровой камеры. Пространственное разрешение цифровой камеры. Выходное разрешение. Разрешение монитора. Изменение разрешения и размеров изображения. Разрешение принтера. Растривание и линиатура. Частота растра. Форма полутоновой точки. Угол поворота растра. Взаимосвязь разрешений различных устройств.

Тема 1.6. Форматы графических изображений

Виды графических форматов. Растровые форматы. Общие понятия. Формат PCX. Формат BMP. Формат TIFF. Формат PSD. Формат GIF. Формат PNG. Сжатие изображений. Сжатие как способ решения проблемы размеров растровых файлов. Сжатие без потерь. Сжатие с потерями. Формат JPEG. Универсальные и векторные графические форматы. Технология OPI. Формат EPS. Формат PDF. Формат AI. Формат PICT. Формат WMF. Формат RAW. Формат DFX. Формат CDR. Формат FH. Формат Picas.

Методические указания к разделу 1

При изучении вопросов, связанных с содержанием понятия «компьютерная графика», необходимо в первую очередь правильно понимать, что компьютерная графика не является простым рисованием с помощью компьютера, а представляет собой сложный комплекс, который может быть разделен на несколько направлений: двухмерная графика, полиграфия, мультимедиа, Web-дизайн, 3D-графика и компьютерная анимация, САПР и деловая графика, видеомонтаж. Каждый раздел компьютерной графики имеет свои отличительные особенности, и для каждого из них создано свое программное обеспечение (графические редакторы). Вне зависимости от области использования каждый графический редактор, как правило, должен иметь собственный набор средств: инструменты рисования на компьютере, библиотеку готовых изображений, набор шрифтов, набор спецэффектов, а также должен быть совместимым с другими графическими программами.

Приступая к изучению основ работы с цветом, необходимо понимать, что цвета как такового в природе не существует. Есть свойство поверхностей поглощать световые лучи одних длин волн и отражать – других, которые и вызывают в глазу человека ощущение того или иного цвета. Для того чтобы увидеть свет несветящегося объекта, необходимы три компонента: источник света, сам объект и приемник света (глаз человека). Как известно из элементарного курса

физики, белый свет вне зависимости от его источника – это смесь цветов, каждый из которых представляет собой электромагнитное излучение определенной длины волны. Спектральный состав цвета можно представить в виде графика распределения энергии излучения по разным длинам волн. Та длина волны, на которую приходится максимальная интенсивность излучения, называется доминирующей. Существует излученный и отраженный свет. *Излученный свет* – это свет, испускаемый активным источником. *Отраженный свет* возникает при отражении поверхностью предмета световых волн, падающих на него от источника света. Механизм отражения света зависит от цветового типа поверхностей, которые делятся на две группы: ахроматические (бесцветные) и хроматические (цветные). Ахроматические поверхности в предельном случае либо отражают все падающие на них лучи, ничего не поглощая (абсолютно белая поверхность), либо полностью поглощают лучи, ничего не отражая (абсолютно черная поверхность). Все остальные варианты поверхностей (серые) равномерно поглощают и отражают световые волны различной длины. Отраженный от них свет не меняет своего спектрального состава, изменяется только его интенсивность. Хроматические поверхности по-разному отражают свет различной длины волны. Каждый объект имеет собственные спектральные характеристики отражения и пропускания, определяющие, как объект отражает и пропускает свет с определенными длинами волн. Спектральные характеристики отражения и пропускания связаны с явлением метамерии, суть которого в том, что объекты с разными спектральными характеристиками могут выглядеть одинаково при одном освещении и по-разному – при другом. Такое различие обусловлено как спектральными характеристиками отражения объектов, так и спектральным составом источника внешнего освещения. Следует знать, что с физической точки зрения свет можно охарактеризовать двумя параметрами: энергией (интенсивностью) и длиной волны. Однако в теории цвета, живописи, телевидении и компьютерной графике наибольшее распространение получили два других производных от них параметра: яркость и цветность. *Яркость* (интенсивность) пропорциональна сумме энергий всех составляющих цветового спектра света. *Цветность* же связана с доминирующими длинами волн в этом спектре. Для правильной интерпретации механизма восприятия цвета необходимо также различать понятия окраски и цвета предмета. *Окраска* – это способность предмета отражать излучение в том или ином диапазоне длин волн. *Цвет* – более широкое понятие, включающее окраску и условия освещения. Каждый источник света характеризуется собственным спектральным составом, который оказывает влияние на воспринимаемый цвет объекта. В технике спектральный состав источника света связан с понятием цветовой температуры, выраженной в градусах Кельвина. Цветовая температура, которую иногда называют оттенком цвета, определяет чистоту цвета. Измерения цветовой температуры проводятся с использованием теоретического представления об абсолютно черном теле, при нагревании которого излучается видимый свет в диапазоне от красного при относительно низких температурах до фиолетового при высоких температурах. Цветовую температуру используют для калибровки источников света. Это по-

зволяет провести объективные измерения и определить стандартные источники света, которые используются для имитации различного вида освещения (лампа накаливания, лампа дневного света, солнечный свет и др.).

Характер восприятия цвета человеком определяется тем, что глаз человека воспринимает электромагнитные излучения как видимый свет в диапазоне 380 – 760 нм. За яркостное и цветовое восприятие человеческого глаза отвечают два различных типа нервных клеток: палочки и колбочки. *Палочки* отвечают за черно-белое зрение, т. к. способны регистрировать только суммарную энергию света. Благодаря палочкам обеспечивается возможность распознавания предметов в условиях низкой освещенности (сумеречное зрение). *Колбочки* предназначены для распознавания цветовой информации. В отличие от палочек, имеется три вида колбочек, каждый из которых реагирует на определенный диапазон длин волн: красный, зеленый, синий. В зависимости от того, световые волны какой длины и интенсивности присутствуют в спектре, те или иные группы колбочек возбуждаются сильнее или слабее, обеспечивая соответствующее цветовое восприятие. Так как чувствительность каждого вида колбочек различна к разным длинам волн света, то спектральная чувствительность глаза также различна к разным длинам волн света. Глаз человека обладает наибольшей чувствительностью к длинам волн в зеленой части спектра, а наименьшей – в красной и синей частях спектра. При сумеречном зрении (при недостатке света) кривая спектральной чувствительности смещается приблизительно на 50 нм в сторону коротковолновой (синей) части спектра. Важно также понимать разницу между цветовым и динамическим диапазоном воспринимаемых цветов.

Цветовой диапазон – это диапазон цветов, которые могут восприниматься или воспроизводиться человеком или приемным устройством. *Динамический диапазон* характеризует различие между наиболее светлым и наиболее темным элементами в изображении или в поле зрения. В совокупности цветовой и динамический диапазоны определяют область воспринимаемых человеком цветов и те области цветов (цветовые пространства), в которых работают устройства ввода, вывода и обработки изображений. Для представления этих областей используются два способа отображения: в виде различных цветовых моделей и с помощью набора цветов (цветовых палитр).

Следует также знать, что восприятие цвета человеком весьма субъективно и зависит от ряда факторов: спектральной чувствительности глаза, яркости и спектрального состава источника света, цвета фона, углов обзора, возраста наблюдателя и др. Субъективность в восприятии цвета при обработке изображений является крайне нежелательным явлением. Для обеспечения одинакового воспроизведения одного и того же цвета различными устройствами необходимо наличие объективных измерительных систем. Для этого разработаны специальные средства: цветовые модели, системы соответствия цветов, цветовые режимы. В программах компьютерной графики манипуляции с цветом осуществляются с помощью цветовых моделей и цветовых режимов. *Цветовая модель* – это способ описания цвета, а *цветовой режим* – это способ реализации определенной цветовой модели в рамках конкретной графической программы. Цвето-

вая модель должна удовлетворять трем требованиям: реализовывать определение цвета некоторым стандартным способом, не зависящим от возможностей какого-либо конкретного устройства; точно задавать диапазон воспроизводимых цветов; учитывать механизм восприятия цветов (излучение или отражение). Большинство графических программ оперируют широким кругом цветовых моделей, одни из которых созданы для специальных целей, а другие – для особых типов красок. По принципу действия цветовые модели делятся на три класса: *аддитивные* (RGB) основаны на сложении цветов; *субтрактивные* (CMY, CMYK) – на вычитании цветов; *перцепционные* (HSB, HSL, Lab) – на восприятии. В большинстве цветовых моделей для описания цвета используется трехмерная система координат. Для оперирования цветом в трехмерном пространстве используются три закона Грассмана: природа цвета трехмерна; четыре цвета всегда линейно зависимы; цветовое пространство непрерывно.

В аддитивной цветовой модели цвет получается путем смешивания лучей света разных цветов. Этими цветами, носящими названия *первичных цветов*, являются красный (Red), зеленый (Green) и синий (Blue). При попарном смешивании первичных цветов образуются *вторичные цвета*: красный + зеленый = желтый (Yellow); красный + синий = пурпурный (Magenta); зеленый + синий = голубой (Cyan). При смешивании всех трех первичных цветов получается белый цвет, а при их отсутствии – черный цвет. Следует отметить, что первичные и вторичные цвета относятся к базовым, с помощью которых можно получить практически весь спектр видимых цветов. Математически цветовую модель RGB удобнее всего представить в виде куба с координатами XYZ. Если по оси X откладывать красную составляющую, по оси Y – зеленую, а по оси Z – синюю, то каждому цвету можно поставить в соответствие точку внутри куба. Тогда любой цвет может быть представлен в цветовом пространстве с помощью вектора. При этом направление вектора характеризует цветность, а его модуль выражает яркость. По диагонали куба (ахроматической оси) располагаются различные градации серого, для которых значения красной, зеленой и синей составляющих одинаковы. Аддитивная цветовая модель широко применяется в системах освещения, видеосистемах, устройствах записи на фотопленку, сканерах, цифровых камерах, мониторах. Однако она имеет свои ограничения: аппаратную зависимость и ограниченный цветовой диапазон. Поэтому для различных применений используются стандартизированные RGB-модели.

Следует понимать, что печатная страница может только отражать свет, в отличие от экрана монитора, воспроизведение цветов которого основано на излучении света. Поэтому аддитивная модель в данном случае непригодна. Вместо нее для описания печатных цветов используется субтрактивная модель. В субтрактивной цветовой модели, в отличие от аддитивной, цвет получается путем вычитания вторичных цветов из общего луча света. В этой модели белый цвет получается как результат отсутствия всех цветов, тогда как наличие всех цветов дает черный цвет. Поясним, каким образом получается тот или иной цвет на бумаге с помощью вторичных цветов. Если краситель голубой, то он поглощает из спектра комплементарный ему красный цвет и отражает голубой.

Соответственно пурпурный краситель поглощает зеленый цвет, а желтый краситель – синий цвет. Если при печати наложить друг на друга пурпурный и желтый цвета, то получится красный цвет, так как пурпурный краситель устранит зеленую составляющую, а желтый – синюю составляющую падающего света. Соответственно при печати с наложением всех трех субтрактивных цветов результирующий цвет будет черным. Из сказанного выше следует правило коррекции цветового разбаланса при цветной печати: если изображение имеет излишне синий оттенок, то следует увеличить желтую составляющую, т. к. желтый поглощает синие составляющие. Соответственно избыточность зеленого цвета можно скорректировать увеличением пурпурной составляющей, а избыточность красного цвета – увеличением голубой составляющей.

Необходимо знать различия в использовании CMY- и CMYK-моделей. В первой модели черный цвет получается с использованием одновременно трех красок, что неэкономично. К тому же получить чисто черный цвет невозможно, т. к. невозможно воспроизвести идеально чистые голубые, пурпурные и желтые краски. Поэтому при печати чистого черного цвета используется дополнительный черный (Black) компонент, который в CMYK-модели представлен последней буквой. CMYK- модель имеет те же ограничения, что и RGB-модель: аппаратную зависимость и ограниченный цветовой диапазон. Для согласования цветковых диапазонов RGB- и CMYK-моделей и расширения цветкового диапазона CMYK-модели при печати применяют различные методы: использование имеющихся в программах компьютерной графики средств индикации, сигнализирующих о наличии в изображении цветов, не поддерживаемых CMYK-моделью; редактирование изображения в формате CMYK-модели; использование CMYK-ориентированных палитр; использование дополнительных плашечных цветов; использование систем управления цветом.

Для устранения аппаратной зависимости был разработан ряд так называемых перцепционных цветковых моделей, в основу которых заложено раздельное определение яркости и цветности. Цвет в этих моделях задается путем указания цветности (цветового тона и насыщенности) и яркости. Одной из таких моделей, широко представленной в большинстве графических программ, является модель HSB (Hue – цветовой тон, оттенок, Saturation – насыщенность, Brightness – яркость). Под цветовым тоном понимается свет с доминирующей длиной волны. Насыщенность характеризует чистоту цвета. Она определяет соотношение между основной, доминирующей компонентой цвета и всеми остальными, участвующими в формировании цвета, т. е. показывает, насколько далеко отстоит данный цвет от равного с ним по яркости белого цвета. Яркость – это характеристика интенсивности, с которой энергия света воздействует на рецепторы глаза. Ее можно интерпретировать также как относительную освещенность или затемненность цвета (светлоту цвета). Следует понимать, что яркость (светлота) присуща как хроматическим, так и ахроматическим цветам, Поэтому по яркости можно сравнивать между собой любые цвета и оттенки. Это свойство находит использование при конвертировании цветных изображений в черно-белые или полутоновые. Модель HSB в отличие от моделей RGB и CMYK носит абстракт-

ный характер. Это связано с тем, что цветовой тон и насыщенность цвета нельзя измерить непосредственно. Любая форма ввода цветовой информации всегда начинается с определения красной, зеленой и синей составляющих, на базе которых затем с помощью математического пересчета получают компоненты HSB-модели. В результате HSB-модель имеет то же цветовое пространство, что и RGB-модель, а значит, и присущий ей недостаток – ограниченный цветовой диапазон. Вместе с тем HSB-модель обладает по сравнению с RGB- и CMYK-моделями двумя важными преимуществами: аппаратной независимостью и более простым и интуитивно понятным механизмом управления цветом.

С целью повышения точности воспроизведения цвета на этапе печати в графические программы включены системы соответствия цветов, которые предоставляют еще один способ назначения цветов, альтернативный цветовым моделям. Система соответствия цветов включает набор следующих основных компонентов: эталонные таблицы (атласы или каталоги) цветов, представляющие набор цветов (образцов), которые могут быть адекватным образом отображены в процессе печати на соответствующей бумаге; электронные палитры – электронные аналоги эталонных таблиц; специальные программные и аппаратные средства для калибровки устройств вывода.

Приведем краткие сведения о красках, используемых в полиграфии. Краска состоит из жидкого связующего и твердых частиц пигмента. Такая краска рассеивает цвет и почти непрозрачна. Существуют краски, в которых вместо твердых частиц пигмента используют краситель, растворенный в связующем веществе или растворителе. Такие краски называются *чернилами*. Если связующим веществом является воск, то это твердые чернила. В электрографии (лазерные принтеры) используют пигменты, которые плавятся и образуют на поверхности бумаги пленку. Эти пигменты называются *тонерами*. Краски, чернила, тонеры делятся на триадные и смесевые. *Триадные краски* согласованы по спектральным характеристикам и регулируют излучение в основном в своей области: желтая – в синей, пурпурная – в зеленой, голубая – в красной. *Смесевые (плашечные) краски* используются для получения отдельных цветов и как дополнительные к триадным краскам. Различие в получении цвета с помощью плашечных и триадных красок напрямую связано с процессами взаимодействия света с чернилами, используемыми для создания этих красок. Чернила для плашечной печати непрозрачны, поэтому они отражают свет поверхностным слоем. Чернила, входящие в состав триадных красок, используемых в многослойной печати, прозрачны. Поэтому свет отражается не их поверхностным слоем, а поверхностью материала, на который они нанесены. Это приводит к тому, что образование цвета происходит за счет удаления из спектра лишних компонентов путем поглощения их слоем определенной краски.

Для практической реализации цветовых моделей в графических программах используются различные цветовые режимы. Перечислим наиболее распространенные из них: черно-белый режим, режим градаций серого, дуплексный режим, режим RGB Color, режим палитры, режим CMYK Color, режим Lab Color, многоканальный режим, режим Video. Выбор того или иного режима оп-

ределяется задачами, стоящими перед дизайнером при обработке и выводе на печать того или иного вида изображения.

Надо понимать, в чем состоит проблема метрологии цвета. Так как цветовые ощущения цвета человека индивидуальны и к тому же сильно зависят от внешних факторов, то это приводит к субъективной оценке параметров цвета. Процедура измерения цвета сводится к выражению его через какие-либо численные величины, определяющие место данного цвета среди множества других цветов в некоторой системе. Наука об измерении цвета называется метрологией цвета, или *колориметрией*. Колориметрия использует две основные системы измерения цвета: колориметрическую, основанную на определении цветовых координат, по которым можно не только описать цвет, но и воспроизвести его, и систему спецификаций, представляющую собой набор цветов (атлас цвета).

В качестве колориметрических систем используются специально разработанные цветовые системы RGB, XYZ, xY и Lab. Поясним различия в построении этих систем и области их применения. Цветовая система RGB представляет собой результат дальнейшего развития аппаратно-зависимой RGB-модели, в которую в качестве линейно независимых заданы три монохроматических цвета с точно определенными и однозначно воспроизводимыми длинами волн: красный с длиной волны 700 нм, зеленый с длиной волны 546,1 нм и синий с длиной волны 435,8 нм. Однако эта система обладает рядом недостатков, основными из которых являются сложность расчетов и наличие отрицательных координат для красного цвета. Поэтому система RGB в основном выполняет вспомогательную, а иногда и контрольную функцию.

В цветовой системе XYZ используются спектральные кривые виртуальных первичных цветов X, Y и Z, которых не существует в природе. Но поскольку эти кривые были получены в результате математической обработки экспериментальных данных, по результатам экспериментов, проведенных с большой группой наблюдателей, то они имеют реальную основу и поддаются измерению. В настоящее время именно колориметрическая система XYZ принята в качестве рабочей. В ней обычно выражаются результаты измерений, и на ее базе построен ряд новых, более совершенных цветовых систем. Так как работать с трехмерными графиками достаточно сложно, то для удобства использования цветовой системы XYZ был разработан ее нормированный вариант – xY , являющийся двухмерным аналогом полного цветового пространства XYZ. В нормированном варианте системы xY параметр Y определяет не имеющую прямого отношения к цвету яркость. Однако для полного описания цвета, кроме цветности, необходимо учитывать и ее. Эта система достаточно наглядна и популярна, поскольку именно в координатах xY принято изображать цветовой охват (локус) глаза, включающий все наблюдаемые цвета, а цветовые охваты всех реальных устройств, используемых в технологии работы с цветом, находятся внутри этого локуса. В компьютерной графике система xY применяется для определения цветового охвата устройств ввода, вывода и преобразования цветовой информации и для взаимного конвертирования цветов различных цветковых моделей. Несмотря на свои многочисленные плюсы, цветовая система

хуY имеет ряд недостатков, главные из которых – сложность учета яркости; неравномерность, проявляющаяся в том, что небольшое изменение цвета в одной области пространства может остаться практически незаметным, в то время как изменение на такую же величину в другой области будет очень большим.

Цветовая система Lab является усовершенствованным аналогом системы хуY, у которой абстрактные параметры х, у и Y заменены реальными параметрами: а – цветность в диапазоне от зеленого до красного; b – цветность в диапазоне от синего до желтого; L – светлота, представляющая собой аналог яркости. Параметры Lab-системы получают путем нелинейного пересчета параметров XYZ-системы. На базе параметров этой системы можно определять параметры других цветовых моделей. Так как Lab-система является аппаратно-независимой и ее цветовой диапазон перекрывает цветовые диапазоны других моделей, то в компьютерной графике эта система применяется для взаимного конвертирования цветов различных моделей. Следует также знать, что параметры Lab-системы хорошо согласуются и с биологическим механизмом восприятия света человеком, в соответствии с которым мозг человека получает информацию не о цветах – красном, зеленом и синем, а о разнице между светлым и темным, зеленым и красным, синим и желтым, где желтый – сумма красного и зеленого.

Для согласования цветовых пространств различных устройств, используемых для ввода, обработки и вывода изображений, применяются системы управления цветом. Система управления цветом представляет собой набор программных средств, предназначенных для согласования цветовых пространств различных компонентов настольной издательской системы с целью получения согласованного воспроизведения цвета на всех этапах допечатной подготовки изображения. Таким образом, назначение системы управления цветом – компенсация разницы в способах воспроизведения цвета на всех этапах допечатной подготовки изображения. Система управления цветом должна выполнять по крайней мере две функции: обеспечивать координацию цветовых пространств всех задействованных в обработке цвета устройств; обеспечивать возможность имитации результатов работы одного из устройств вывода на другом.

Система управления цветом включает в себя три основных компонента: аппаратно-независимое цветовое пространство, которое используется в качестве эталонного; цветовые профили, которые определяют цветовые характеристики отдельных устройств системы воспроизведения цвета; модуль управления цветом, который считывает находящуюся в профиле устройства информацию и выполняет на ее основе преобразование цветовой информации из одного цветового пространства в другое. В системах управления цветом могут использоваться стандартные цветовые профили устройств, поставляемые производителями этих устройств. Однако такие профили основываются на идеально откалиброванных устройствах. В действительности из-за разброса различных параметров фактические профили устройств отличаются от идеальных. Поэтому время от времени необходимо проводить калибровку устройств с целью кор-

ректировки их цветовых профилей. Для калибровки используются программные и аппаратные средства.

Для измерения цвета используются три типа приборов: денсиометры, колориметры и спектрофотометры. *Денсиометры* – это приборы, которые вычисляют триадные значения цвета путем измерения количества света, поглощенного или отраженного поверхностью материала. Они предназначены для высокоточного измерения не всей цветовой палитры, а нескольких стандартизированных цветов. *Колориметры* – это приборы, которые измеряют и вычисляют триадные значения цветов путем моделирования цветового пространства, воспринимаемого глазом человека. Колориметры предназначены для измерения всего спектра видимых цветов, но не обеспечивают такой точности, как денсиометры. Спектрофотометры – это приборы, которые измеряют спектральные характеристики цвета с последующим переводом данных в цветовое пространство XYZ или Lab. В общем случае калибровка устройств производится путем воспроизведения тестовой цветовой шкалы (для принтеров или мониторов) или использования готовой (для сканеров) с последующим считыванием информации о каждом цвете с известными характеристиками с помощью колориметра или спектрофотометра и последующим пересчетом исходных значений цветового профиля устройства в измеренные с учетом полученной поправки.

При изучении вопросов, связанных с разрешением графических изображений, необходимо знать, что понятие разрешения в различных случаях может трактоваться по-разному. Согласно общепринятой трактовке, *разрешение* – это способность оптической системы различать мелкие детали изображения. Разрешение определяется количеством элементов (пикселей) на единицу длины. Термин «разрешение» тесно связан с другим термином – «размер изображения», который определяет физические длину и ширину изображения. В зависимости от устройства, на котором выводится изображение, единицами измерения разрешения могут быть: sp_i (элементы на дюйм), dp_i (точки на дюйм), pp_i (пиксели на дюйм), lp_i (линии на дюйм). Очевидно, что одно и то же числовое значение разрешения, выраженное в разных единицах, будет иметь различную величину.

Необходимо различать пространственное и яркостное разрешение. *Пространственное разрешение* характеризует количество мельчайших элементов информации, из которых состоит изображение. Чем выше разрешение, тем большее количество элементов (пикселей) содержит изображение и тем больший размер имеет файл изображения. *Яркостное разрешение* характеризует количество уровней яркости, которое может принимать отдельный пиксел. Чем выше яркостное разрешение (глубина цвета), тем большее число уровней яркости (оттенков цвета) будет содержать файл изображения. С учетом пространственного и яркостного разрешения может быть дано более точное определение разрешения в растровой графике: *разрешение* – это совокупность размера изображения в пикселах и глубины цвета в байтах. Тогда размер файла изображения будет определяться произведением ширины на высоту изображения (в дюймах или сантиметрах), на пространственное разрешение (в pp_i) в квадрате и на цветовое разрешение (в байтах).

Существует также понятие входного и выходного разрешения. *Входное разрешение* имеет место при вводе изображения, который осуществляется в основном сканерами и цифровыми камерами. Поясним разницу между горизонтальным и вертикальным разрешением сканера. Разрешающая способность сканера по горизонтальной оси (аппаратная разрешающая способность) определяется числом элементов в ПЗС-линейке на единицу длины, а также особенностью его оптической системы. Разрешающая способность сканера по вертикальной оси определяется числом шагов каретки на единицу длины. Различают также оптическое и интерполяционное разрешение сканера. *Оптическое разрешение* показывает, сколько элементов сканер может считать с квадратного дюйма. *Интерполяционное разрешение* является характеристикой не самого сканера, а поддерживающего его программного обеспечения.

Пространственное разрешение цифровой камеры определяется числом мегапикселей в ПЗС-матрице. Следует отметить, что и в сканерах и в цифровых камерах в качестве элементов изображения используется понятие «пиксели», однако разрешение сканера принято указывать в dpi, в то время как разрешение цифровой камеры указывается в ppi.

Выходное разрешение имеет место при выводе изображения на экран монитора или на принтер. Что касается разрешения монитора, то существует несколько характеристик, претендующих на эту роль. В первую очередь – это физическая разрешающая способность, которая определяется максимальным количеством отдельных точек, генерируемых монитором. Физическая разрешающая способность зависит от размеров экрана и качества монитора и является неизменной величиной для данного монитора. В свою очередь разрешающая способность в значительной мере зависит от видеокарты (видеоплаты), используемой в мониторе, и программного обеспечения, поддерживающего ее. В этом случае разрешающая способность монитора измеряется количеством видеопикселей, отображаемых на экране (ppi). Величина этого разрешения может изменяться программно.

Как известно, физический размер растрового изображения определяется шириной и высотой в пикселах. Однако технология формирования размера зависит от установленных единиц измерения. Так, выбор пиксела в качестве единиц измерения приводит к тому, что размер изображения определяется установленными значениями ширины и высоты и не зависит от разрешения. При установке в качестве единиц измерения дюймов или сантиметров размер изображения определяется произведением ширины на высоту и на разрешение в квадрате. Однако в обоих случаях установленное разрешение сохраняется в файле изображения для последующего использования в программах с реальной метрикой.

В программах компьютерной графики изменение размера изображения может быть реализовано двумя методами: с фиксированным разрешением и переменным разрешением. В первом случае при уменьшении или увеличении размера изображения соответственно уменьшается или увеличивается количество пикселей, что приводит к снижению качества изображения. Модификацией этого метода является метод, в котором при уменьшении или увеличении

изображения соответственно уменьшается или увеличивается размер пикселей, т. е. происходит масштабирование изображения. Во втором случае изменение размеров изображения происходит при сохранении размера файла, т. е. количество пикселей остается постоянным. При этом изображение не подвергается физической коррекции, как и в первом случае, а изменяется только информация в заголовке файла.

Разрешающая способность принтера определяется количеством точек, которые принтер может напечатать на одном дюйме (dpi). Однако в печати более широко используется другая единица измерения разрешения – линиятура (lpi), или частота растра. Необходимо знать, что при печати для создания иллюзии непрерывного тона используется технология амплитудного и частотно-модулированного растрирования. При амплитудном растрировании точки переменного размера размещаются в регулярной матрице с равноотстоящими центрами точек. Области изображения, состоящие из больших точек, воспринимаются как более темные тона, а состоящие из малых – как более светлые тона. При частотно-модулированном растрировании точки фиксированного размера размещаются в квазислучайных позициях, что создает иллюзию более плавных переходов тона по сравнению с амплитудным растрированием. Растровая форма описывается тремя параметрами, от которых зависит качество изображения: частотой растра, формой полутоновой точки и углом поворота растра. Частота растра, или линиятура, определяет плотность сетки полутонового растра, устанавливающей уровень отображения деталей изображения. Для имитации различных оттенков серого (градаций яркости) растровая (полутоновая) ячейка заполняется черными (печатными) точками. Значение серого для такой полутоновой ячейки определяется соотношением между закрашенной и незакрашенной частями ячейки. Линиятура определяет пространственное разрешение, а размер точки – пространственное разрешение. Чем больше линиятура, тем меньшее число точек может быть воспроизведено в ячейке. Поэтому максимальное число оттенков или цветовых тонов, которые может вывести конкретное растровое печатающее устройство, определяется частным от деления разрешения принтера на линиятуру растра, возведенным в квадрат плюс 1. Полутоновые точки (точки растра) могут иметь различную форму: круглую, квадратную, эллиптическую, ромбовидную и др. Круглые точки чаще используются для печати фотоснимков, эллиптические – для сюжетов с людьми, а квадратные – для изображений, требующих четкого рисунка. Круглые точки лучше всего подходят для черно-белой печати, а эллиптические – для цветной. Следует также знать, что из-за эффекта растекания краски на бумаге тональность полутоновых точек растра будет смещаться в более темную область, а контраст – снижаться. Эффект растекания будет проявляться тем больше, чем хуже качество бумаги. Под *углом поворота растра* понимается наклон линий, образующих растр, относительно горизонтальной оси. Его величина определяет полноту соответствия внешнего вида растрированного изображения и оригинала. Для исключения появления *муара* – раздражающей глаз видимой растровой

структуры, – в технологии цветной печати применяется частотно-модулированное растривание.

Необходимо помнить, что разрешения на каждом этапе допечатной подготовки и этапе печати взаимосвязаны. Поэтому неправильный выбор разрешения на одном из этапов может негативно отразиться на других этапах. Так, при сканировании изображения для последующей печати необходимо использовать разрешение, в два раза превышающее линейную величину печатного изображения.

В программах компьютерной графики используются форматы графических изображений, у каждого из которых – свои возможности и области применения. Как и любая компьютерная информация, графические изображения сохраняются в виде файла, имеющего определенную организацию данных, оптимальную для конкретного приложения. Формат изображения представляет собой способ организации информации в файле. Наряду с разрешением формат вносит свою «долю» в формирование качества изображения, влияя на такие его параметры, как размер файла. Все множество форматов, используемых для записи изображений, можно условно разделить на три группы: растровые (PCX, BMP, TIFF, PSD, GIF, PNG, JPEG и др.), векторные (WMF и др.) и универсальные (EPS, PDF, AI, PICT, WMF, RAW, Pixar, DFX и др.). Для получения растровых изображений высокого качества требуется высокое разрешение, что приводит к увеличению размера файла изображения. Поэтому для уменьшения размеров файлов без видимого ухудшения качества изображений используется сжатие изображений. Алгоритмы сжатия можно разделить на два класса: сжатие без потерь (RLE, LZW) и сжатие с потерями (JPEG). Сжатие без потерь основано на поиске в растровом изображении повторяющихся пиксельных узоров, который запоминается и затем повторяется необходимое количество раз. Сжатие без потерь лучше работает на однородных участках изображения и неэффективно для растровых изображений фотографического качества, в которых информация меняется от пиксела к пикселу. Поэтому для таких изображений применяется алгоритм сжатия с потерями, который основан не на поиске одинаковых элементов, как в случае алгоритма сжатия с потерями, а на поиске разницы между пикселями. Чем больше сжатие, тем ниже качество изображения. Поэтому необходим компромисс между степенью сжатия и качеством сохраняемого изображения.

В отличие от растровых форматов, построенных практически по одному принципу, векторные форматы используют для кодирования графической информации различные алгоритмы и разный математический аппарат. Это приводит к сложности передачи данных (экспорта изображений) из одного векторного формата в другой. Для решения данной проблемы используется конвертация «родных» форматов приложений в универсальные форматы. Большинство векторных форматов могут содержать внедренные в файл растровые объекты или ссылку на растровый файл (технология OPI). В основе этой технологии лежит импорт не оригинального файла растрового изображения, а его образа, представляющего собой копию низкого разрешения и ссылку на оригинал, что позволяет экономить ресурсы и прежде всего – память компьютера.

Контрольные вопросы к разделу 1

1. Назовите области применения компьютерной графики.
2. Назовите разновидности компьютерной графики.
3. В чем состоит отличие ахроматических цветов от хроматических?
4. Какова физика отражения белого цвета от ахроматических и хроматических поверхностей?
5. Какой диапазон длин волн электромагнитных колебаний воспринимается человеческим глазом как видимый свет?
6. Какой вид имеет спектральная чувствительность глаза человека?
7. В чем проявляется явление метамерии?
8. В чем состоит различие между понятиями окраски и цвета предмета?
9. Что понимается под цветовой температурой источника света?
10. Для чего нужны стандартные источники света?
11. Каким образом глаз человека воспринимает свет и цвет?
12. Какова роль колбочек и палочек в восприятии света и цвета?
13. Почему спектральная чувствительность глаза человека различна при дневном и сумеречном освещении?
14. Какие факторы влияют на восприятие цвета человеком?
15. Что такое цветовой и динамический диапазоны?
16. Какие специальные средства используются для обеспечения одинакового воспроизведения одних и тех же цветов различными устройствами ввода – вывода графической информации?
17. Что такое цветовая модель?
18. Назовите виды цветовых моделей.
19. В чем состоят законы Грассмана?
20. Что представляет собой аддитивная цветовая модель?
21. Что такое единичный цвет?
22. Что представляет собой треугольник цветности?
23. Почему именно аддитивная цветовая модель RGB используется для воспроизведения цвета в компьютере?
24. Какие ограничения имеет RGB-модель?
25. Для чего нужны стандартизированные RGB-модели (цветовые пространства)?
26. Что представляет собой субтрактивная цветовая модель?
27. Для какой цели используется субтрактивная цветовая модель?
28. Какие существуют виды субтрактивных цветовых моделей?
29. Какие красящие вещества используются для воспроизведения цвета при печати?
30. В чем отличие триадных красок от смесевых?
31. В чем отличие обычного растривания от стохастического?
32. Какие ограничения имеет CMYK-модель?
33. Какие методы используются для коррекции несоответствия цветовых диапазонов RGB- и CMYK-моделей?

34. Что представляет собой перцепционная цветовая модель?
35. Для какой цели используется перцепционная цветовая модель?
36. Дайте характеристику цветовому тону, насыщенности и яркости.
37. В чем достоинства и ограничения HSB-модели?
38. Для чего созданы системы соответствия цветов?
39. Что включают в себя системы соответствия цветов?
40. Что представляют собой эталонные таблицы и электронные (стандартные) палитры?
41. В чем отличие в образовании триадных и плашечных цветов?
42. Что такое цветовой режим?
43. Назовите основные виды цветовых режимов.
44. Что представляет собой черно-белый режим?
45. Какими способами может быть реализован черно-белый режим?
46. Что представляет собой режим градаций серого?
47. Что представляет собой дуплексный режим?
48. Охарактеризуйте режим RGB Color.
49. Что представляет собой режим палитры?
50. Охарактеризуйте режим CMYK Color.
51. Что представляет собой режим Lab Color?
52. Что представляет собой многоканальный режим?
53. Охарактеризуйте режим Video.
54. В чем состоит проблема метрологии цвета?
55. Какие требования предъявляются к метрологии цвета?
56. Какие две основные системы измерения цвета используются в колориметрии?
57. Что представляет собой система спецификаций?
58. Охарактеризуйте цветовую систему RGB.
59. Какими недостатками обладает цветовая система RGB?
60. Что представляет собой цветовая система XYZ?
61. Что представляет собой цветовая система xyY?
62. Для каких практических целей используется цветовая система xyY в компьютерной графике?
63. Каковы недостатки цветовой системы xyY?
64. Что представляет собой цветовая система Lab?
65. В чем достоинства цветовой системы Lab?
66. Для каких практических целей используется цветовая система Lab в компьютерной графике?
67. Что такое система управления цветом?
68. Для чего предназначена система управления цветом в компьютерной графике?
69. Каковы функции системы управления цветом?
70. Какие основные компоненты включает в себя система управления цветом и что они собой представляют?
71. Какие технические средства используются для измерения цвета?

72. Как осуществляется калибровка и профилирование сканера?
73. Как осуществляется калибровка и профилирование монитора?
74. Как осуществляется калибровка и профилирование принтера?
75. Что такое разрешение и в каких единицах оно измеряется?
76. Что такое пространственное разрешение?
77. Что такое яркостное (цветовое) разрешение?
78. Как связан размер файла изображения с пространственным и цветовым разрешением изображения?
79. Что такое входное разрешение?
80. Что такое оптическое и интерполяционное разрешение сканера?
81. Что такое пространственное разрешение цифровой камеры?
82. Что такое выходное разрешение?
83. Какие два понятия связаны с разрешением монитора?
84. В чем заключается способ изменения изображения с постоянным разрешением?
85. В чем заключается способ изменения изображения с переменным разрешением?
86. Что такое пространственное разрешение принтера?
87. Что представляет собой процесс амплитудного растривания?
88. Что представляет собой процесс частотно-модулированного растривания?
89. Какими параметрами описывается растровая форма?
90. Что такое частота (линиатура) раstra и в чем она измеряется?
100. Каким образом в технологии печати осуществляется имитация различных оттенков серого цвета?
101. Как определяется максимальное число цветовых тонов при печати?
102. Для чего используются различные формы полутонных точек?
103. Для чего используется поворот растровой решетки (раstra)?
104. Что такое муар и какая технология используется для «борьбы» с ним?
105. С каким разрешением необходимо сканировать изображение для печати?
106. Что такое формат изображения?
107. На какие основные группы можно разделить форматы для записи графических изображений?
108. Назовите основные растровые форматы и дайте их краткую характеристику.
109. Назовите методы сжатия изображений и укажите, для каких видов изображений наиболее подходит каждый из них.
110. Назовите основные векторные форматы и дайте их краткую характеристику.
111. Назовите основные универсальные форматы и дайте их краткую характеристику.

РАЗДЕЛ 2. ВИДЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

Тема 2.1. Растровая графика

Общие понятия. Инструментальные средства растровых редакторов. Инструменты выделения. Маски. Маска и понятие альфа-канала. Инструменты выделения и маскирования. Инструменты ретуширования. Инструменты локального ретуширования. Фильтры для ретуши. Инструменты тоновой коррекции. Тоновая коррекция изображений. Гистограмма. Уровни. Кривые. Яркость/контраст. Инструменты цветовой коррекции. Цветовая коррекция. Цветовой баланс. Оттенок/насыщенность. Фильтры. Фильтры и спецэффекты. Размывание. Увеличение резкости. Тиснение. Акварелизация. Слои. Монтаж изображений. Достоинства и недостатки растровой графики. Обзор растровых графических редакторов.

Тема 2.2. Векторная графика

Общие понятия. Структура векторной иллюстрации. Математические основы векторной графики. Элементы векторной графики. Линии. Кривые Безье. Узлы. Примитивы. Атрибуты объекта. Обводка. Заливка. Комбинированные объекты. Создание комбинированных объектов. Группировка объектов. Объединение объектов. Создание составных контуров. Достоинства и недостатки векторной графики. Обзор векторных графических программ.

Тема 2.3. Фрактальная графика

Общие понятия. Виды фракталов. Геометрические, алгебраические и стохастические фракталы. Методы построения фракталов. Области применения фракталов в компьютерных технологиях. Обзор фрактальных графических программ.

Методические указания к разделу 2

Растровая графика представляет изображения в виде массива элементов, называемых *пикселами*. Программы, предназначенные для работы с растровой графикой, условно можно разделить на несколько классов: средства создания растровых изображений, средства обработки изображений, средства захвата экрана, средства каталогизации изображений. Для получения и обработки растровых изображений могут использоваться различные аппаратные и программные средства: сканеры, цифровые камеры, программы генерации текстур и узоров, графические редакторы, анимационные программы, программы для создания трехмерных изображений, программы для копирования фрагментов экрана и др. Для обработки изображений в программах растровой графики, и прежде всего – в растровых графических редакторах, используются соответствующие инструментальные средства. К основным инструментальным средствам относятся: ин-

струменты выделения, инструменты ретуширования, инструменты тоновой коррекции, инструменты цветовой коррекции, фильтры, слои. Кроме этих инструментов в состав растровых графических редакторов входит большое количество других инструментов, название которых говорит об их возможностях: аэрограф, кисть, карандаш, перо, ластик, пипетка, заливка и др.

Инструменты выделения предназначены для выделения определенной части изображения, доступной для копирования, редактирования и выполнения различных типов преобразований. В зависимости от формирования выделенных областей инструменты выделения можно разделить на четыре группы: обычные (геометрические), использующие для выделения различные геометрические формы; инструменты выделения «от руки» для выделения объектов сложной формы; инструменты выделения контуров, позволяющие выделять векторные области; цветочувствительные, позволяющие выделять области определенного цвета.

Инструменты ретуширования предназначены для локальной коррекции изображений с целью устранения мелких дефектов. К ним относятся инструменты клонирования, инструменты размытия и повышения резкости, инструменты сглаживания различий между соседними оттенками, инструменты снижения или повышения яркости и др. В некоторых случаях для ретуширования могут использоваться и определенные типы фильтров.

Инструменты тоновой коррекции предназначены для оценки и коррекции яркости и контрастности изображения. К ним относятся: гистограмма, уровни, кривые, инструмент «яркость/контраст». *Гистограммой* называется график, отображающий распределение пикселей изображения по яркости. Гистограмма позволяет оценить разброс между минимальной и максимальной яркостью изображения, т. е. его динамический диапазон, а также получить наглядное представление о распределении всех тонов в изображении. Работа инструмента «уровни» основана на использовании гистограммы. С его помощью можно устанавливать новые значения уровней черного и белого, что позволяет сократить диапазон яркостей и повысить контраст изображения. Инструмент «кривые» по принципу действия близок к инструменту «уровни», однако в нем для настроек яркости изображения используется не гистограмма, а кривая. Кривая представляет собой график, с помощью которого осуществляется преобразование спектрального диапазона входного (исходного) изображения к спектральному диапазону выходного (скорректированного) изображения. В отличие от гистограммы, в которой для настройки яркости используются только три области (света, тени и средние тона), кривая предназначена для одновременного изменения контраста во многих яркостных диапазонах изображения. Инструмент «яркость/контраст» позволяет сразу выполнить коррекцию всего изображения. В отличие от предыдущих инструментов этот инструмент не обладает гибкостью в настройках, но более прост в исполнении и выигрывает в скорости исполнения.

Инструменты цветовой коррекции предназначены для изменения цветовых параметров пикселей (цветового тона, насыщенности). К ним относятся цветовой

баланс и инструмент «оттенок/насыщенность». Регулировка цветового баланса позволяет усилить или ослабить один цвет за счет другого дополнительного (комплементарного) ему. На цветовом круге это могут быть следующие цвета: синий – желтый, зеленый – пурпурный, красный – голубой. Увеличение составляющей одного цвета приводит соответственно к увеличению составляющей другого цвета. Необходимо знать, что это инструментальное средство наиболее подходит для цветовой коррекции всего изображения, однако при необходимости его можно использовать и для коррекции выделенных областей изображения. Инструмент «оттенок/насыщенность» позволяет независимо менять такие параметры изображения, как оттенок, насыщенность и яркость. При этом цветовая коррекция может быть осуществлена как во всех цветах одновременно, так и в одном из шести базовых цветов независимо от других, что позволяет проводить более тонкую настройку всего изображения. Данный инструмент позволяет также переводить черно-белое изображение в один из цветовых оттенков путем замены градаций серого на градации выбранного цвета.

Фильтры предназначены для создания специальных эффектов в изображении. Кратко поясним принцип работы фильтров. Фильтры представляют собой небольшие программы, выполняющие заранее установленную последовательность команд по обработке выделенных небольших участков изображения, из которых состоит все или выделенная для обработки часть изображения. Программы автоматически вычисляют значения и характеристики каждого пиксела на выделенном участке и затем модифицируют их в соответствии с новыми полученными значениями. К основным наиболее часто используемым эффектам относятся размывание, увеличение резкости, тиснение и акварелизация. Процесс размывания сводится к перераспределению цветов изображения и сглаживанию резких границ. При увеличении резкости, наоборот, подчеркиваются различия между цветами смежных пикселей и выделяются незаметные детали. Тиснение преобразует изображение таким образом, что фигуры на изображении выглядят как будто бы выдавленными на металлической поверхности. Эффект акварелизации превращает изображение в как будто бы написанное акварельными красками.

Слои представляют собой наложенные друг на друга прозрачные поверхности, на которых можно независимо создавать и редактировать изображение или его отдельные части. Каждый слой сохраняет все параметры основного изображения (размеры, разрешение, цветовую модель, число каналов). Слои можно сделать невидимыми, полупрозрачными, темными, можно поменять слои местами, что дает более широкие возможности для создания и обработки изображений. Однако следует помнить, что с увеличением количества слоев увеличивается размер файла изображения.

К основным достоинствам растровой графики относятся ее относительная простота и понятность построения, а также широкий класс существующих технических устройств ввода и вывода изображений. К основным недостаткам растровой графики относятся большие размеры файлов изображений, невозможность рассмотреть детали изображения при его увеличении, искажения де-

талей изображения при его трансформации, сложность экспорта растрового изображения в векторное.

Векторная графика основана на математических формулах, описывающих различные виды линий. Поэтому векторные файлы содержат наборы инструкций для построения геометрических объектов – линий, дуг, окружностей, эллипсов, многоугольников и т. п. В соответствии с этим основу векторных изображений составляют разнообразные линии или кривые, называемые векторами или контурами. Каждый контур представляет собой независимый объект, который можно редактировать: перемещать, масштабировать, изменять. Векторные изображения могут быть созданы несколькими видами программ: программами векторной графики, программами САПР, специализированными программами конвертирования растровых изображений в векторные и др. Необходимо также понимать разницу в механизмах работы векторных и растровых редакторов. Так, например, для создания в векторном формате отрезка прямой задаются координаты начала и конца прямой, цвет и толщина линии, а в растровом формате – координаты и цвет каждой точки (пиксела), входящей в этот отрезок прямой. Потому векторный формат, как правило, более компактен и размер файла в нем значительно меньше.

Структуру векторной иллюстрации можно представить в виде иерархического дерева, в котором сама иллюстрация занимает верхний уровень, а ее составные части – объекты, контуры, заливки, сегменты, узлы, линии занимают более низкие уровни. Сегменты являются основными составляющими контуров. Необходимо помнить, что сегмент может быть задан с помощью уравнений прямой или кривой линии, требующих для своего описания разного количества параметров. В векторной графике для построения различных кривых широко используются кривые Безье. Они представляют собой частный вид кривых третьего порядка и требуют для своего описания меньшего количества параметров. В основе построения кривых Безье лежит использование двух касательных, проведенных к крайним точкам отрезка линии. На кривизну форму) линии влияет угол наклона и длина отрезка касательной, величинами которых можно управлять путем перетаскивания их концевых точек. Наряду с разнообразными кривыми, основанными на кривых Безье, в состав векторных редакторов входят специальные инструментальные средства создания простых форм – *графические примитивы*. Работа с ними существенно упрощает построение сложных объектов.

Для создания сложных (комбинированных) объектов в векторной графике используются операции, позволяющие проводить группировку объектов, объединение объектов и создавать составные контуры. Поясним разницу между этими операциями.

Операция *группировки* состоит в объединении двух или более объектов (контуров) в одну группу. При этом каждый объект, входящий в полученный новый объект, сохраняет свои свойства, а с новым объектом можно выполнять различные операции (перемещать, поворачивать) без искажения взаимного расположения и пропорций входящих в него объектов. При необходимости можно

использовать несколько уровней группировки, а также провести и обратную операцию *разгруппировки* объектов.

Объединенный объект (контур) создается путем выполнения одной или нескольких операций по объединению двух или нескольких контуров, в результате чего получается новый объект, обладающий свойствами самого верхнего из исходных объектов. В отличие от операции группировки свойства составляющих объектов здесь теряются. В основе данной операции лежат логические операции ИЛИ, НЕ, И. При выполнении логической операции ИЛИ (объединение) в результирующий контур входят все области нижнего и верхнего объекта. При выполнении логической операции НЕ (исключение) результирующий контур состоит из части нижнего объекта, не пересекающегося с верхним. При выполнении логической операции И (пересечение) в результирующий контур входят только пересекающиеся (общие) области объектов.

Комбинированием называется операция по созданию из нескольких объектов одного объекта, который обладает следующими свойствами: из объекта удаляются те области, в которых четное количество исходных объектов накладывалось друг на друга; объект допускает редактирование своей формы с помощью контуров исходных объектов, которые при этом сохраняются; цвет объекта будет совпадать с цветом самого нижнего исходного объекта. При этом скомбинированные объекты имеют различные контуры, но одинаковые свойства (цвет контура, заливки, толщина контура).

К основным достоинствам векторной графики относятся: возможность неограниченного масштабирования изображений без потери качества; высокая точность рисования и хорошее качество печати рисунков; малый объем памяти для хранения изображений. Основными недостатками векторной графики являются сложность реализации экспорта изображений из растрового формата в векторный; невозможность получения реалистических изображений с тем же качеством, как и в растровой графике; отсутствие автоматизации ввода графической информации; невозможность применения обширной библиотеки эффектов (фильтров), используемых в растровой графике.

Следует отметить, что ни один современный профессиональный графический пакет не является только векторным или только растровым, а совмещает в себе элементы как того, так и другого вида графики.

Фрактальная графика основана на использовании фракталов. *Фракталом* называется структура, состоящая из частей, которые подобны целому. Одним из основных свойств фракталов является самоподобие. В самом простом случае небольшая часть фрактала содержит информацию обо всем фрактале. Следует знать, что по общепринятой классификации фракталы делятся на геометрические, алгебраические и стохастические. Существуют и другие классификации фракталов, например, деление фракталов на детерминированные (геометрические и алгебраические) и недетерминированные (стохастические).

Геометрические фракталы – самые наглядные. В двумерном случае их получают с помощью некоторой ломаной (или поверхности в трехмерном случае), называемой генератором. За один шаг алгоритма каждый из отрезков, со-

ставляющих ломаную, заменяется на ломаную-генератор в соответствующем масштабе. В результате бесконечного повторения этой процедуры получается геометрический фрактал.

Алгебраические фракталы получают с помощью нелинейных процессов в многомерных пространствах. Известно, что нелинейные динамические системы обладают несколькими устойчивыми состояниями. То состояние, в котором оказалась динамическая система после некоторого числа итераций, зависит от ее начального состояния. Поэтому каждое устойчивое состояние (или как говорят – аттрактор) обладает некоторой областью начальных состояний, из которых система обязательно попадет в рассматриваемые конечные состояния. Таким образом, фазовое пространство системы разбивается на области притяжения аттракторов. Если фазовым является двухмерное пространство, то, окрашивая области притяжения различными цветами, можно получить цветовой фазовый портрет этой системы (итерационного процесса). Меняя алгоритм выбора цвета, можно получить сложные фрактальные картины с причудливыми многоцветными узорами.

Стохастические фракталы получаются в том случае, если в итерационном процессе случайным образом менять какие-либо его параметры. При этом получаются объекты, очень похожие на природные: несимметричные деревья, изрезанные береговые линии и т. д. Двухмерные стохастические фракталы используются при моделировании рельефа местности и поверхности моря.

Существуют два основных метода построения фракталов. Первый метод использует грамматику некоторого языка, которая описывает инициатор и преобразование, выполняемое над ним. Вторым методом используется система итерирующих функций – совокупности сжимающих аффинных преобразований, включающих в себя масштабирование, поворот и параллельный перенос. Аффинное преобразование считается сжимающим, если коэффициент масштабирования меньше единицы.

Помимо получения красивых изображений фракталы применяются также в следующих областях компьютерных технологий: сжатии изображений и информации; скрытии информации в изображении и звуке; шифровании данных с помощью фрактальных алгоритмов; создании фрактальной музыки; моделировании систем и др.

Контрольные вопросы к разделу 2

1. Что представляет собой растровая графика?
2. Какие виды программных средств используются для работы с растровой графикой?
3. Назовите средства получения и обработки растровых изображений.
4. Назовите основные инструментальные средства растровых редакторов.
5. Что представляют собой инструменты выделения?
6. Охарактеризуйте инструменты локального ретуширования.
7. Что представляют собой инструменты тоновой коррекции?

8. Какую информацию об изображении можно получить из анализа ее гистограммы?
9. Как используется для тоновой коррекции изображения инструмент «уровни»?
10. Как используется для тоновой коррекции изображения инструмент «кривые»?
11. Как используется для тоновой коррекции изображения инструмент «яркость/контраст»?
12. Что представляют собой инструменты цветовой коррекции?
13. Как используется для цветовой коррекции изображения инструмент «цветовой баланс»?
14. Как используется для цветовой коррекции изображения инструмент «оттенок/насыщенность»?
15. Для чего предназначен инструмент «фильтры»?
16. Назовите основные виды фильтров и какие эффекты они позволяют получать в изображениях?
17. Поясните, какой общий принцип (алгоритм) лежит в основе работы фильтров.
18. Для чего используется инструмент «слои»?
19. В чем достоинства и недостатки растровой графики?
20. Что представляет собой векторная графика?
21. Какие виды программных средств используются для работы с векторной графикой?
22. Что представляет собой структура векторной иллюстрации?
23. Как в векторной графике математически описываются различные виды кривых линий?
24. Назовите основные элементы векторной графики.
25. Что представляют собой кривые Безье?
26. Каким образом можно изменять форму контуров с помощью элементов линии Безье?
27. В чем состоит различие между операциями группировки и объединения объектов?
28. С помощью каких операций осуществляется объединение объектов?
29. В чем суть операции создания составных контуров?
30. В чем достоинства и недостатки векторной графики?
31. Что представляет собой фрактальная графика?
32. Что называется фракталом?
33. Назовите основные виды фракталов.
34. Что представляют собой геометрические фракталы?
35. Что представляют собой алгебраические фракталы?
36. Что представляют собой стохастические фракталы?
37. Назовите основные методы построения фракталов.
38. Назовите области применения фракталов в компьютерных технологиях.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Векторная графика. Понятие примитивов векторной графики. Линии Безье. Векторные операции над примитивами

Изучение примитивов, аффинных преобразований и преобразований над замкнутыми объектами векторной графики (на примере построения чертежа конструкции с помощью прикладного пакета программ CorelDRAW).

2. Векторная графика. Изучение векторных и растровых эффектов в векторной графике

Изучение основных векторных и растровых эффектов на объектах векторной графики (на примере моделирования изделия РЭА с помощью прикладного пакета программ CorelDRAW).

3. Растровая графика. Основы работы в программе Photoshop. Понятие слоев. Наложение слоев

Изучение операций над слоями на примере графического исполнения изделия РЭА с помощью программы Photoshop.

4. Фрактальная графика. Построение фракталов с помощью прикладного пакета программ Photoshop

Изучение объектов фрактальной графики, методов их построения и создание фрактала с помощью программы Photoshop.

Все занятия проводятся в лабораториях кафедры, оборудованных электронно-вычислительной техникой. Количество занятий, объем материала и порядок выполнения могут меняться в соответствии с объемом часов, указанных в текущем рабочем учебном плане соответствующей специальности.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа состоит из двух заданий.

Первое задание представляет собой теоретический вопрос, сформулированный на основе рабочей программы. Ответить на него необходимо письменно с представлением необходимых поясняющих иллюстраций.

Второе задание представляет собой практическую реализацию в растровом или векторном редакторе конкретного задания на выбранном графическом объекте. Результаты практического задания оформляются в письменном виде с представлением соответствующих окон графического редактора и подробным пояснением всех действий, приводящих к решению поставленной задачи.

Примерные варианты практических заданий приведены ниже.

1. Применение различных эффектов в векторной графике к растровому изображению (не менее пяти).

2. Применение различных эффектов в растровой графике к растровому изображению (не менее пяти).

3. Применение различных эффектов в векторной графике к векторному изображению (не менее пяти).

4. Применение операции комбинирования и группировки, обрезки, слияния, пересечения в векторной графике.

5. Применение эффекта объема, перспективы, перетекания одного объекта в другой различными параметрами на объект в векторной графике.

6. Текстовая область, текст, выравнивание текста по линии в векторной графике. Заливка по сетке в векторной графике.

При выполнении контрольной работы рекомендуется использовать литературу [1– 4], а также дополнительную литературу, самостоятельно подобранную студентом.

ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПОДГОТОВКЕ

1. Программа растровой графики Photoshop.
2. Программа векторной графики Corel Draw.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Петров, М. Н. Компьютерная графика : учеб. для вузов / М. Н. Петров, В. П. Молочков. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2004. – 816с.

Дополнительная

2. Гурский, Ю. Компьютерная графика: Photoshop CS, CorelDRAW12, Illustrator CS. Трюки и эффекты / Ю. Гурский, И. Гурская, А. Жвалевский. – СПб. : Питер, 2006. – 812 с.

3. Молочков, В. П. Компьютерная графика для Интернета : самоучитель / В. П. Молочков. – СПб. : Питер, 2004. – 369 с.

Методические пособия и разработки

4. Таболич, Т. Г. Компьютерный дизайн радиоэлектронных средств : лаб. практикум для студ. спец. «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС» днев. и заоч. форм обуч. / Т. Г. Таболич, В. М. Алефиренко. – Минск : БГУИР, 2009. – 40 с.

Учебное издание

Алефиренко Виктор Михайлович
Таболич Татьяна Георгиевна

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ДИЗАЙН РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Методическое пособие
для студентов специальности
«Моделирование и компьютерное проектирование
радиоэлектронных средств»
заочной формы обучения

Редактор Г. С. Корбут
Корректор Е. Н. Батурчик

Подписано в печать
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 1,5.

Формат 60x84 1/16.
Отпечатано на ризографе.
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л.
Заказ 46.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровка, 6