

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

И.Л. Ковалева

ПОЛУЧЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Методические указания к лабораторной работе
«Преобразование цветowych моделей»
для студентов специальности 1-40 01 02
«Информационные системы и технологии (по направлениям)»
направления 1-40 01 02-04
«Информационные системы и технологии (в обработке и представлении
информации)»

Учебное электронное издание

Минск ◊ БНТУ ◊ 2008

УДК 681.

Автор

И.Л. Ковалева

Рецензенты:

Л.И. Цирульник, старший научный сотрудник ОИПИ НАН Беларуси,
кандидат технических наук;

Н.А. Разоренов, заведующий кафедрой «ПОВТ и АС» БНТУ, кандидат
технических наук, доцент

Методические указания содержат основную теоретическую и практическую информацию, дающую знания о цвете, об основных системах и моделях кодировки цвета, вариантах их графического представления, количеству цветов, получаемых в каждой из них. Значительное внимание уделено алгоритмам конвертации цветовых моделей, позволяющим получить из них ту, которая оптимальным образом будет соответствовать условиям задачи.

Задание к лабораторной работе направлено на закрепление студентами изложенного материала в ходе самостоятельной разработки программного модуля по преобразованию цветовых моделей.

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.(017) 292-67-85 факс (017) 292-71-53
E-mail: il05kov@mail.ru
Регистрационный № БНТУ/ФИТР50 – 3.2008

© БНТУ, 2008

© Ковалева И.Л., 2008

© Ковалева И.Л., компьютерный дизайн, 2008

Содержание

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЦВЕТЕ.....	6
2 ЦВЕТОВЫЕ МОДЕЛИ И СИСТЕМЫ	11
2.1 Модель RGB.....	11
2.2 Модель HSB	12
2.3 Модель HSL	13
2.4 Модель CMYK.....	15
2.5 Модель YUV.....	16
2.6 Система CIE XYZ	17
2.7 Модель YIQ.....	20
2.8 Модель Манселла	21
2.9 Система CIE L*a*b*	23
3 КОНВЕРТАЦИЯ ЦВЕТОВЫХ МОДЕЛЕЙ.....	25
3.1 Преобразование модели RGB.....	25
<i>3.1.1 Перевод RGB в HSB (HSV).....</i>	<i>25</i>
<i>3.1.2 Перевод RGB в HSL</i>	<i>26</i>
<i>3.1.3 Перевод RGB в CMYK.....</i>	<i>26</i>
<i>3.1.4 Перевод RGB в YUV (YUV444)</i>	<i>27</i>
<i>3.1.5 Перевод RGB в XYZ</i>	<i>27</i>
<i>3.1.6 Перевод RGB в L*a*b*</i>	<i>28</i>
3.2 Преобразование модели HSB.....	28
<i>3.2.1 Перевод HSB в RGB.....</i>	<i>28</i>
<i>3.2.2 Перевод HSB в HSL.....</i>	<i>29</i>
<i>3.2.3 Перевод HSB в CMYK.....</i>	<i>29</i>
<i>3.2.4 Перевод HSB в YUV</i>	<i>29</i>
3.3 Преобразование модели HSL.....	29
<i>3.3.1 Перевод HSL в RGB</i>	<i>29</i>
<i>3.3.2 Перевод HSL в HSB.....</i>	<i>30</i>
<i>3.3.3 Перевод HSL в CMYK.....</i>	<i>30</i>

3.3.4 Перевод <i>HSL</i> в <i>YUV</i>	30
3.4 Преобразование модели <i>CMYK</i>	31
3.4.1 Перевод <i>CMYK</i> в <i>RGB</i>	31
3.4.2 Перевод <i>CMYK</i> в <i>HSL</i>	31
3.4.3 Перевод <i>CMYK</i> в <i>HSB</i>	31
3.4.4 Перевод <i>CMYK</i> в <i>YUV</i>	31
3.5 Преобразование модели <i>YUV</i>	31
3.5.1 Перевод <i>YUV</i> в <i>RGB</i>	31
3.5.2 Перевод <i>YUV</i> в <i>HSL</i>	31
3.5.3 Перевод <i>YUV</i> в <i>HSB</i>	31
3.5.4 Перевод <i>YUV</i> в <i>CMYK</i>	32
3.6 Преобразование модели <i>XYZ</i>	32
3.6.1 Перевод <i>XYZ</i> в <i>RGB</i>	32
3.6.2 Перевод <i>XYZ</i> в <i>L*a*b*</i>	32
3.7 Преобразование модели <i>L*a*b*</i>	33
3.7.1 Перевод <i>L*a*b*</i> в <i>XYZ</i>	33
3.7.2 Перевод <i>L*a*b*</i> в <i>RGB</i>	33
Задание.....	33
Литература.....	33

Цель работы:

- изучение существующих цветовых моделей и систем,
- разработка программного модуля для взаимного преобразования цветовых моделей.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЦВЕТЕ

Цвет имеет как психофизиологическую, так и психофизическую природу. Восприятие цвета зависит от физических свойств света, т. е. электромагнитной энергии, от его взаимодействия с физическими веществами, а также от их интерпретации зрительной системой человека. Эта проблема чрезвычайно широка, сложна и интересна. Рассмотрим наиболее важные понятия, основы связанных с цветом физических явлений, систем представления цвета и преобразований между ними.

Зрительная система человека воспринимает электромагнитную энергию с длинами волн от 400 до 700 нм как видимый свет ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$) (рисунок 1).



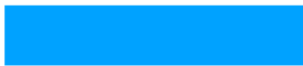




	Цвет	Длина Волны
Фиолетовый		380-430
Синий		470-500
Голубой		430-470
Зеленый		500-560
Желтый		560-590
Оранжевый		590-620
Красный		620-760

Рисунок 1 – Видимый свет

Свет принимается либо непосредственно от источника, например электрической лампочки, либо косвенно при отражении от поверхности объекта или преломлении в нем. Источник или объект является ахроматическим, если наблюдаемый свет содержит все видимые длины волн в приблизительно равных количествах. Ахроматический источник кажется белым, а отраженный или преломленный ахроматический свет – белым, черным или серым. Белыми выглядят объекты, ахроматически отражающие более 80% света белого источника, а черными – менее 3%. Промежуточные значения дают различные оттенки серого. Интенсивность отраженного света удобно рассматривать в диапазоне от 0 до 1, где 0 соответствует черному, 1 – белому, а промежуточные значения – серому цвету [6].

Хотя трудно определить различие между светлотой и яркостью, светлота обычно считается свойством несветящихся или отражающих объектов и изменяется от черного до белого, а яркость является свойством самосветящихся или излучающих объектов и изменяется в диапазоне от низкой до высокой.

Светлота или яркость объекта зависит от относительной чувствительности глаза к разным длинам волн. Из рисунка 2 видно, что при дневном свете чувствительность глаза максимальна при длине волны порядка 550 нм, а на краях видимого диапазона спектра она резко падает.

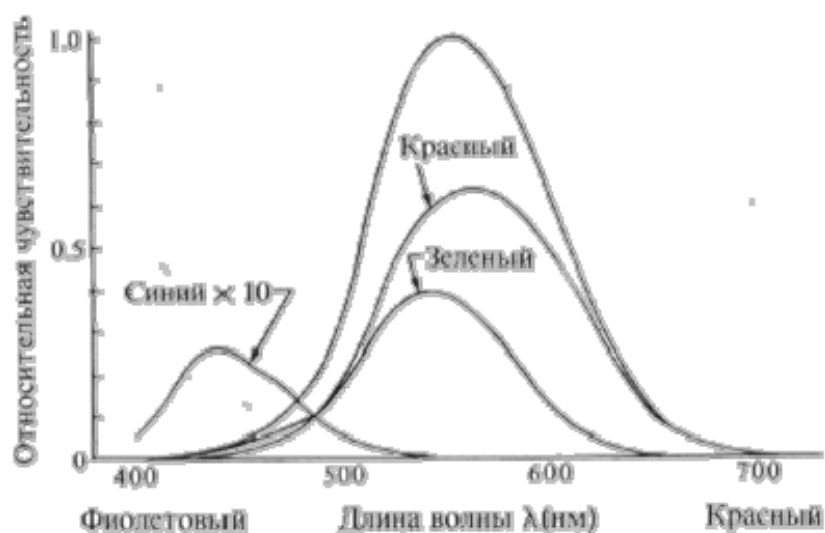


Рисунок 2 – Относительная чувствительность глаза

Кривая на рисунке 2 называется функцией спектральной чувствительности глаза. Это мера световой энергии или интенсивности с учетом свойств глаза. Если воспринимаемый свет содержит длины волн в произвольных неравных количествах, то он называется хроматическим. Если длины волн сконцентрированы у верхнего края видимого спектра, то свет кажется красным или красноватым, т. е. доминирующая длина волны лежит в красной области видимого спектра. Если длины волн сконцентрированы в нижней части видимого спектра то свет кажется синим или голубоватым, т. е. доминирующая длина волны лежит в синей части спектра. Однако сама по себе электромагнитная энергия определенной длины волны не имеет никакого цвета. Ощущение цвета возникает в результате преобразования физических явлений в глазу и мозге человека. Цвет объекта зависит от распределения длин волн источника света и от физических свойств объекта. Объект кажется цветным, если он отражает или пропускает свет лишь в узком диапазоне длин волн и поглощает все остальные. При взаимодействии цветов падающего и отраженного или пропущенного света могут получиться самые неожиданные результаты. Например, при отражении зеленого света от белого объекта и свет, и объект кажутся зелеными, а если зеленым светом освещается красный объект, то он будет черным, так как от него свет вообще не отражается [7].

Психофизиологическое представление света определяется цветовым тоном, насыщенностью и светлотой. Цветовой тон позволяет различать цвета, а насыщенность – определять степень ослабления (разбавления) данного цвета белым цветом. У чистого цвета она равна 100% и уменьшается по мере добавления белого. Насыщенность ахроматического цвета составляет 0%, а его светлота равна интенсивности этого света.

Психофизическими эквивалентами цветового тона, насыщенности и светлоты являются доминирующая длина волны, чистота и яркость.

Электромагнитная энергия одной длины волны в видимом спектре дает монохроматический цвет.

Обычно встречаются не чистые монохроматические цвета, а их смеси. В основе трехкомпонентной теории света служит предположение о том, что в центральной части сетчатки находятся три типа чувствительных к цвету колбочек. Первый воспринимает длины волн, лежащие в середине видимого спектра, т. е. зеленый цвет; второй – длины волн у верхнего края видимого спектра, т. е. красный цвет; третий – короткие волны нижней части спектра, т. е. синий. Относительная чувствительность глаза (рисунок 2) максимальна для зеленого цвета и минимальна для синего. Если на все три типа колбочек воздействует одинаковый уровень энергетической яркости (энергия в единицу времени), то свет кажется белым. Естественный белый свет содержит все длины волн видимого спектра; однако ощущение белого света можно получить, смешивая любые три цвета, если ни один из них не является линейной комбинацией двух других. Это возможно благодаря физиологическим особенностям глаза, содержащего три типа колбочек. Такие три цвета называются основными [3,5].

Цветовая модель — это способ воспроизведения цветовых ощущений. Например, модель RGB — это описание трех лучей определенного спектрального состава (красного (R), зеленого (G), синего (B)). Цветовая модель CMYK работает на основе четырех составляющих — голубого, пурпурного, желтого и черного красителей (чернила принтера, печатные краски). Кроме цветовой модели существует понятие цветовой координатной системы. Будем считать, что цветовая координатная система подразумевает наличие стандартизованных цветовых координат, а значения переменных цветовой модели не имеют ничего общего с координатами.

2 ЦВЕТОВЫЕ МОДЕЛИ И СИСТЕМЫ

2.1 Модель RGB

RGB – самая естественная модель кодировки цвета, построена на 3 основных цветах, которые воспринимают разные виды колбочек. Каждый из цветов R-Красный, G-Зеленый и B-Синий имеют один из 256 уровней интенсивности. Эту модель еще называют аддитивной, потому что с увеличением яркости отдельных цветов результирующий цвет тоже становится ярче. На рисунке 3 показано, как смешиваются цвета, например, красный + зеленый, дает желтый, а красный + синий, даст фиолетовый.

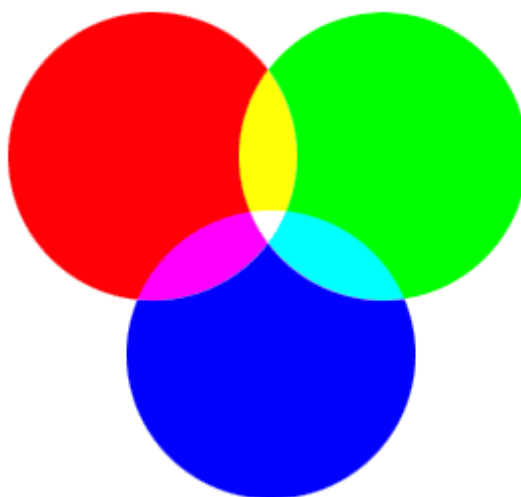


Рисунок 3 – Смешение цветов в RGB

При равной интенсивности всех трех цветов, получаются градации серого, при максимальной яркости - белый, при отсутствии – черный. С точки зрения редактирования изображения на экране компьютера, эта цветовая модель является наиболее удобной, так как обеспечивает доступ ко всем 16 миллионам цветов, которые могут быть выведены на экран. Недостатком этой модели RGB является то, что не все цвета созданные в этом режиме могут быть выведены на печать [1].

2.2 Модель HSB

Следующая модель, которая используется в компьютерной графике, модель HSB. Растровые форматы не используют модель HSB для хранения изображений, так как она содержит всего 3 миллиона цветов.

В модели HSB цвет разлагается на три составляющие:

1. HUE (Цветовой тон) – частота световой волны, отражающейся от объекта, который вы видите.

– Изменяется от 0 to 360°, каждое значение соответствует одному цвету, например, 0 – это красный цвет, 45 – оттенок оранжевого и 55 – оттенок желтого.

2. SATURATION (Насыщенность) является чистотой цвета. Это соотношение основного тона и равного ему по яркости бесцветно серого. Максимально насыщенный цвет не содержит серого вообще. Чем меньше насыщенность цвета, тем он нейтральней, тем труднее однозначно охарактеризовать его.

– Изменяется от 0 до 100% (0 означает отсутствие цвета, т.е. оттенок серого в диапазоне между черным и белым; 100 – насыщенный цвет).

3. BRIGHTNESS (Яркость)- это общая яркость цвета. Минимальное значение этого параметра превращает любой цвет в черный.

– Изменяется от 0 до 100% (0 – это черный; 100 – может быть белый или более или менее насыщенный цвет).

Существующие варианты графического представления данной модели приведены на рисунках 4 и 5.

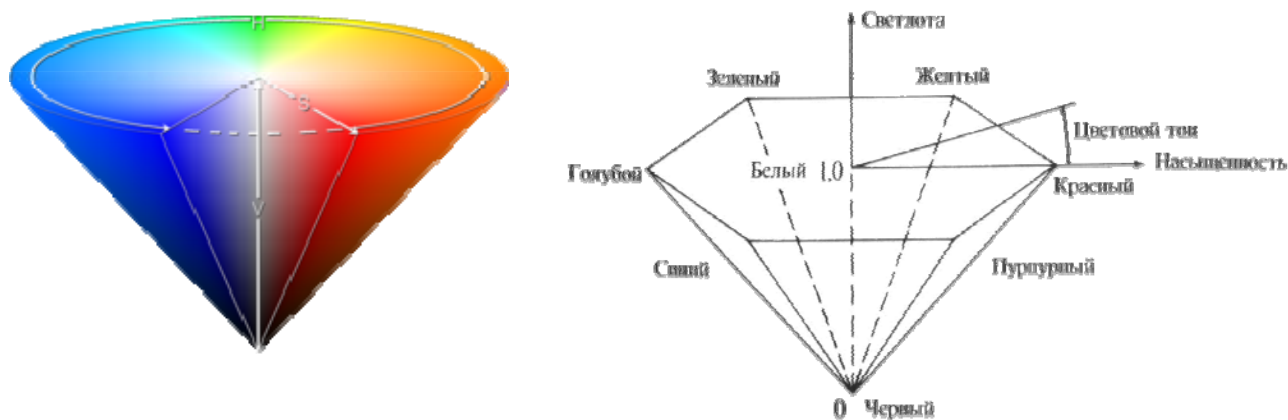


Рисунок 4 – Представление модели HSB в виде конуса

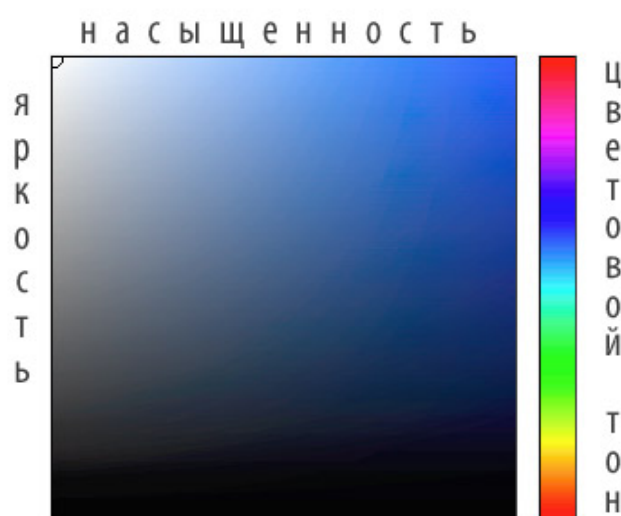


Рисунок 5 – Представление модели HSB на плоскости

Модель HSB аналогична модели HSV (Hue, Saturation, Value). Модель HSV была предложена в 1978 году Alvy Ray Smith. Она представляет собой нелинейное преобразование цветовой модели RGB. При этом следует помнить, что если модели HSV и HSB аналогичны, то модель HSL – это совершенно иная модель.

2.3 Модель HSL

Цветовая модель HSL, также известная как HLS или HSI, представляет собой следующее:

1. HUE : тип цвета (такой как красный, синий или желтый).
 - Изменяется от 0 to 360°, каждое значение соответствует одному цвету, например, 0 – это красный цвет, 45 – оттенок оранжевого и 55 – оттенок желтого.
2. SATURATION: вариации цвета в зависимости от яркости.
 - Изменяется от 0 до 100% (от центра оси черный&белый).
3. LIGHTNESS: (а также Luminance или Luminosity, или Intensity).
 - Изменяется от 0 до 100% (от черного к белому).

Этой модели соответствуют следующие графические интерпретации (рисунок 6):

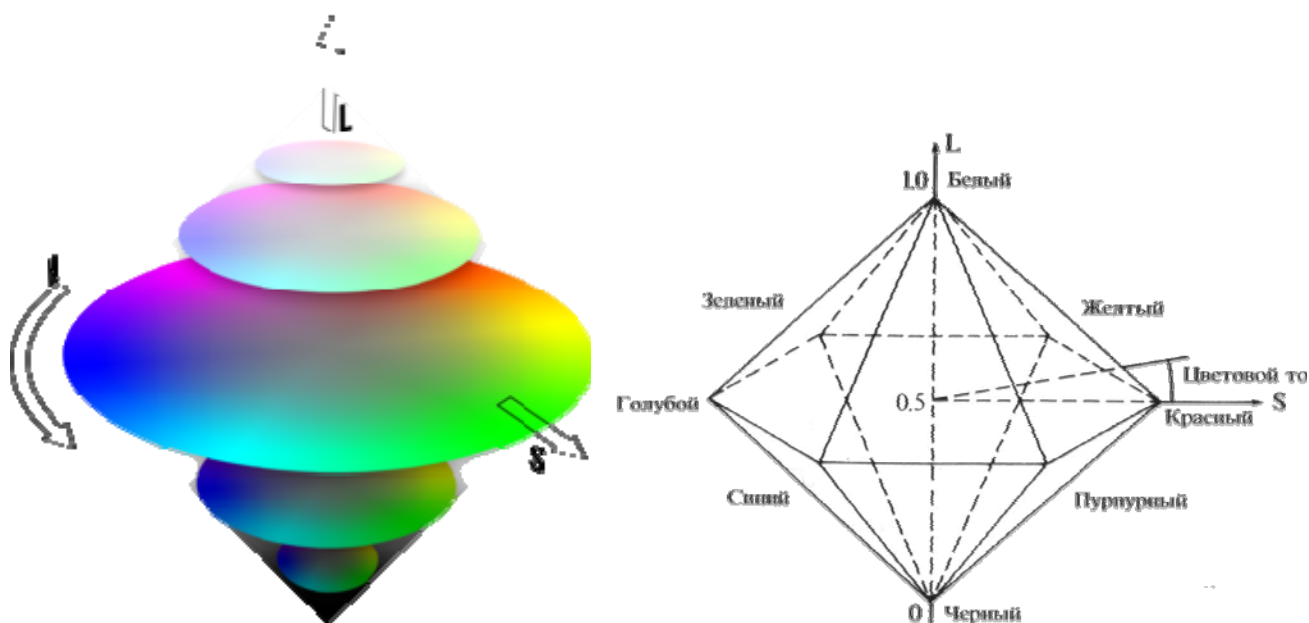


Рисунок 6 – Цветовая модель HSL

Цветовая модель HLS (цветовой тон, светлота, насыщенность) в виде двойного шестигранного конуса является расширением одиночного конуса HSV. Так как модель HLS применяется для самосветящихся предметов, светлота здесь обозначает яркость. В модели HLS цветовой куб RGB проецируется так, что получается двойной шестигранный конус со светлотой по оси от 0 (черный) в одной вершине до 1 (белый) во второй (рисунок 6). Как и в модели HSV, насыщенность определяется радиальным

расстоянием от центральной оси. Полностью насыщенные основные цвета и их дополнения расположены при $S = 1$, а при $S = 0$, H неопределено.

2.4 Модель СМΥΚ

Цветовая модель СМΥΚ, также известная как СМJN, состоит из четырех составляющих:

1. **СΥΑΝ** (голубой).
- Изменяется в диапазоне от 0 до 100%.
2. **ΜΑGΕNΤΑ** (пурпурный).
- Изменяется в диапазоне от 0 до 100%.
3. **YΕLLOW** (желтый).
- Изменяется в диапазоне от 0 до 100%.
4. **BLΑCΚ** (черный).
- Изменяется в диапазоне от 0 до 100%.

СМΥΚ в отличие от RGB является субтрактивной моделью, то есть на бумаге, максимальная яркость дает черный цвет, а отсутствие – белый, в этом их принципиальное различие. Раскладывается она тоже по-другому, на С (Cyan – голубой), М (Magenta – пурпурный), Y (Yellow – желтый) и В (blacK – черный).

На рисунке 7 показано, как смешиваются цвета в этой модели. Голубой + пурпурный дают глубокий синий цвет, пурпурный + желтый, дают ярко-красный, желтый + голубой – зеленый. Голубой, пурпурный и желтый образуют грязно-коричневый цвет. Черный делает любой цвет более темным, отсутствие красителя дает белый [2,4].



Рисунок 7 – Смешение цветов в модели CMYK

Интересная особенность этой модели в том, что, не смотря на то, что количество каналов у CMYK целых четыре, и каждый из них содержит 256 градация яркости, цветовое пространство CMYK уже, чем у RGB. Типографские краски не могут передать все цвета RGB, поэтому визуальная насыщенность CMYK ниже, чем у RGB.

Собственно, для получения полной палитры требуется 3 цвета: С (Cyan – голубой), М (Magenta – пурпурный), Y (Yellow – желтый). Черный (Black) используется для усиления черного, из-за недостаточно качественной накатки полиграфических машин.

2.5 Модель YUV

Модель YUV или YCbCr определяет цветовое пространство в терминах компонент яркость/цветность.

1. Y, яркостная компонента, или интенсивность.
- Изменяется в диапазоне от 0 до 100%.
2. U и V (Cb и Cr) составляющие цветности (синяя и красная соответственно).
- Определяется в зависимости от используемой версии YUV (YCbCr).

Большая часть визуальной информации, к которой наиболее чувствительны глаза человека, состоит из высокочастотных, полутонных

компонентов яркости (Y) цветового пространства YUV (YCbCr). Две других составляющих цветности (U и V или Cb и Cr) содержат высокочастотную цветовую информацию, к которой глаз человека менее чувствителен.

Модель YUV (YCbCr) используется в видеостандартах PAL, NTSC и SECAM.

Графическая визуализация модели приведена на рисунке 8:

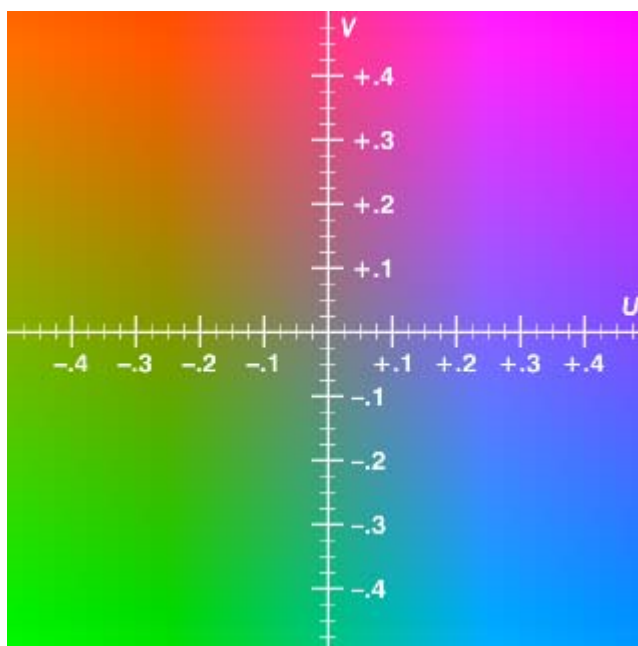


Рисунок 8 – Цветовая модель YUV

2.6 Система CIE XYZ

В 1931 г. в Англии состоялось заседание Международной комиссии по освещению (МКО) (Commission International de l'Eclairage), на котором обсуждались международные стандарты определения и измерения цветов. В качестве стандарта был выбран двумерный цветовой график МКО (CIE) 1931г. и набор из трех функций реакции глаза, позволяющий исключить отрицательные величины и более удобный для обработки. Основные цвета системы МКО (CIE) получены из стандартных функций реакции глаза (рисунок 9).

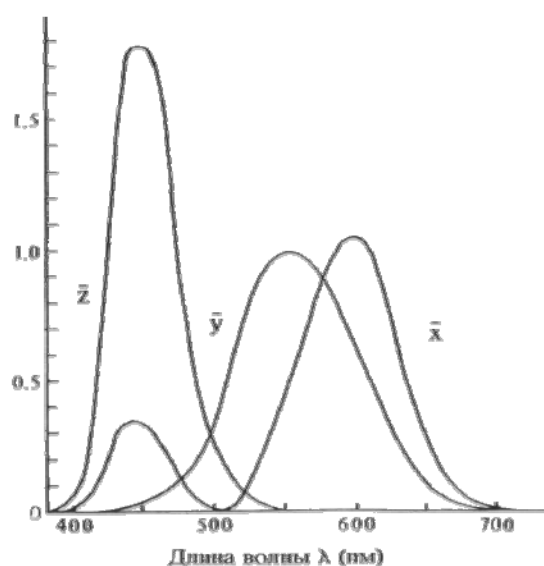


Рисунок 9 – Стандартный колориметрический наблюдатель МКО (CIE) 1931 г.

Гипотетические основные цвета системы МКО обозначаются X, Y, Z. На самом деле они не существуют, так как без отрицательной части они не могут соответствовать реальному физическому свету.

Треугольник XYZ был выбран так, чтобы в него входил весь видимый спектр. Координаты цветности системы МКО (CIE) таковы:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

и $x + y + z = 1$. При проекции треугольника XYZ на плоскость xy получается цветовой график МКО (CIE). Координаты цветности x и y представляют собой относительные количества трех основных цветов XYZ, требуемые для составления любого цвета. Однако они не задают яркость (интенсивность) результирующего цвета. Яркость определяется координатой Y, а X и Z подбираются в соответствующем масштабе. При таком соглашении (x, y, Y) определяют как цветность, так и яркость.

Обратное преобразование координат цветности в координаты цвета XYZ имеет вид

$$X = x \frac{Y}{y} \quad Y = Y \quad Z = (1 - x - y) \frac{Y}{y}$$

Комиссия решила ориентировать треугольник XYZ таким образом, чтобы равные количества гипотетических основных цветов XYZ в сумме давали белый.

Таким образом, система CIE XYZ – это:

1. **X**, которую можно сравнить с красной
- Изменяется от 0 до 0.9505
2. **Y**, которую можно сравнить с зеленой
- Изменяется от 0 до 1.0
3. **Z**, которую можно сравнить с синей
- Изменяется от 0 до 1.089

Система CIE XYZ может быть представлена так, как показано на рисунке 10.

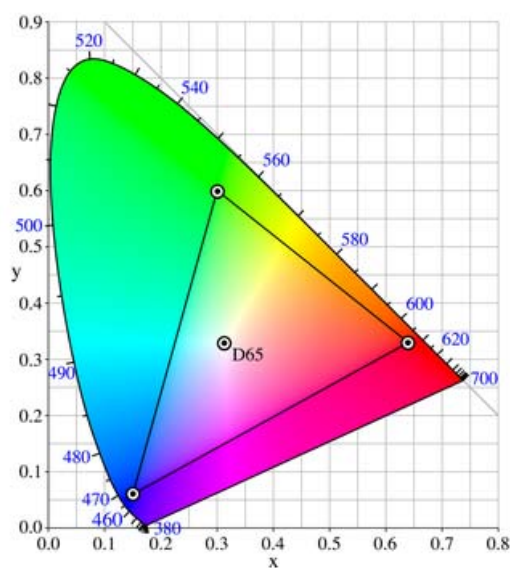


Рисунок 10 – Цветовая система CIE XYZ

2.7 Модель YIQ

Для того чтобы использовать модель RGB как стандарт в цветном телевидении, сигнал должен лежать в полосе от 0 до 6 МГц и быть совместимым со стандартным черно-белым телевидением. В 1953 г. Национальный комитет по телевизионным системам (NTSC) принял в качестве стандарта цветовую модель YIQ, основанную на системе МКО (CIE) XYZ. Из-за ограничений на ширину полосы пропускания яркость определяется одной координатой Y . Сигнал Y занимает основную часть полосы частот (0-4 МГц), причем в нем пропорции красного, зеленого и синего основных цветов NTSC выбраны так, что он соответствует кривой спектральной чувствительности глаза. В сигнале Y содержится информация о яркости, поэтому в черно-белом телевидении используется только эта координата. В качестве опорного белого цвета в системе NTSC раньше использовался стандартный источник C МКО (CIE). Сейчас же для этой цели обычно применяется стандартный источник D_{6500} МКО (CIE). Различие между ними невелико.

Для того чтобы передавать цвет, т. е. тон и насыщенность, при помощи более узкой полосы частот, учитываются некоторые особенности зрительного восприятия. В частности, чем меньше предмет, тем хуже различаются его цвет, а объекты, меньшие определенного размера, кажутся черно-белыми. Если же объект меньше некоторого минимального предела, то его цвет вообще не воспринимается. В модели YIQ информация о тоне и насыщенности цвета представляется с помощью линейных комбинаций разностей красного, зеленого и синего цветов и значения Y . Координата цвета I (синфазный сигнал) соответствует цветам от оранжевого до голубого, т. е. "теплым" тонам, Q (интегрированный сигнал) – от зеленого до пурпурного, т. е. всем остальным. Координата I занимает полосу частот примерно 1.5 МГц, а Q – только 0.6 МГц.

2.8 Модель Манселла

Цилиндрическое представление используется также в цветовой модели Манселла, основанной на наборе образцов цвета. Модель Манселла – это стандарт восприятия. В этой модели цвет определяется цветовым тоном, насыщенностью (чистотой) и светлотой (количеством света). На центральной оси цилиндра находятся значения интенсивности от черного на нижней грани до белого – на верхней. При увеличении радиального расстояния от оси возрастает насыщенность, или чистота, цвета. Цветовой тон определяется углом, как показано на рисунке 11.



Рисунок 11 – Концептуальное представление модели цветов Манселла

Главное преимущество модели Манселла, благодаря которому она широко применяется в промышленности, состоит в том, что одинаковые приращения насыщенности, тона и интенсивности вызывают ощущения одинаковых изменений при восприятии. В цилиндре есть незаполненные места. Существует преобразование субъективного представления цвета в модели Манселла в основные цвета системы МКО (CIE). Мейер и Гринберг успешно пользовались цветами Манселла при выводе на цветной дисплей. При этом основные цвета МКО служили промежуточным стандартным цветовым пространством: сначала координаты Манселла преобразуются к основным цветам системы МКО (CIE) XYZ, а затем переводятся в координаты RGB для цветного монитора. Этим способом

Мейер и Гринберг получили некоторые цвета Манселла, которые раньше были известны только как экстраполяция существующих образцов.

Отсюда видно практическое значение стандартного цветового пространства МКО (CIE). В машинной графике оно особенно важно при создании или моделировании красок для репродукций на основе существующих промышленных красителей.

2.9 Система CIE L*a*b*

Преимущества цветового режима Lab заключается в том, что он дает доступ как к цветам RGB, так и к цветовой палитре CMYK. Это режим работы для профессионалов, некоторые авторы советуют работать именно с ним, проблема здесь заключается в том, что он немного сложен для восприятия, но если его освоить, то это даст вам преимущество в работе с web и полиграфией. Lab заполняет пробел, существующий между RGB и CMYK (рисунок 12). Например, цветовая модель RGB хорошо воспроизводит цвета в диапазоне от синего до зеленого, но страдает от недостатка желтых и оранжевых оттенков. Оттенков, отсутствующих в модели CMYK, хватит чтобы закрасить стадион. Модель Lab лишена этих недостатков.

1. **L***, яркость
2. **a***, содержит цвета в диапазоне от темно-зеленого, через серый, до ярко-розового
3. **b***, содержит цвета от светло-синего до ярко желтого.

Звездочки означают вариант пересчета, выбранный CIE, т.к. систем Lab было создано несколько. Модель Lab призвана разрешить проблему множественности подходов к цветному репродуцированию, вызванную использованием различных типов мониторов и выводных устройств. Эта модель задумана как аппаратно-независимая. Иными словами, она

воссоздает одни и те же цвета независимо от особенностей устройства (монитора, принтера или компьютера), которое используется для создания или вывода изображений.

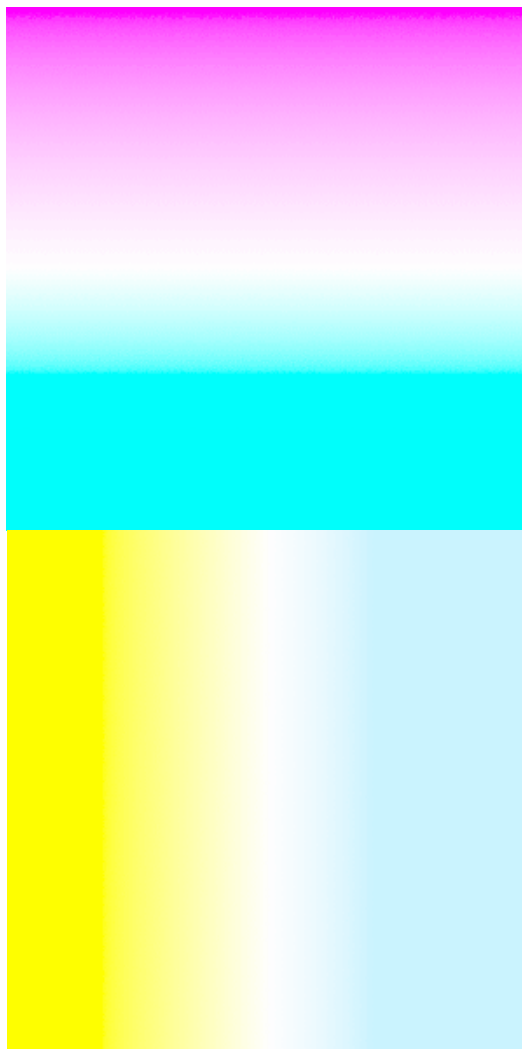


Рисунок 12 – Цветовая модель Lab

Еще одна деталь, когда Photoshop переводит изображение RGB в CMYK, используется алгоритм, где промежуточной стадией этой трансформации является Lab. При этом достаточно часто после конвертации графических данных в цветовое пространство типа LAB отбрасывается часть информации о цвете (в зависимости от конкретной реализации алгоритма).

3 КОНВЕРТАЦИЯ ЦВЕТОВЫХ МОДЕЛЕЙ

3.1 Преобразование модели RGB

Конвертирование модели RGB в любую другую цветовую модель выполняется после нормализации значений ее красной, зеленой и синей составляющих. Для этого значения яркости по каждой составляющей переводятся из диапазона [0..255] в диапазон [0..1].

3.1.1 Перевод RGB в HSB (HSV)

В ходе преобразования значения яркостей по красной, зеленой и синей составляющим, заданные в диапазоне [0..1], конвертируются в модель HSB (HSV). Получают значения в следующих диапазонах:

H – цветовой тон (0-360°), 0° – красный

S – насыщенность (0-1)

V – светлота (0-1)

Max – функция определения максимума среди трех составляющих R, G, и B.

Min – функция определения минимума среди трех составляющих R, G, и B.

Алгоритм перевода RGB в HSB (HSV) следующий:

$$H = \begin{cases} \text{undefined,} & \text{if } MAX = MIN \\ 60^\circ \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 0^\circ, & \text{if } MAX = R \\ & \text{and } G \geq B \\ 60^\circ \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 360^\circ, & \text{if } MAX = R \\ & \text{and } G < B \\ 60^\circ \times \frac{B-R}{MAX-MIN} + 120^\circ, & \text{if } MAX = G \\ 60^\circ \times \frac{R-G}{MAX-MIN} + 240^\circ, & \text{if } MAX = B \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{if } MAX = 0 \\ 1 - \frac{MIN}{MAX}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$V = MAX$$

3.1.2 Перевод RGB в HSL

Начальные условия, диапазоны изменений и обозначения аналогичны предыдущему пункту. Алгоритм перевода приводится ниже.

$$H = \begin{cases} \text{undefined} & \text{if } MAX = MIN \\ 60^\circ \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 0^\circ, & \text{if } MAX = R \\ & \text{and } G \geq B \\ 60^\circ \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 360^\circ, & \text{if } MAX = R \\ & \text{and } G < B \\ 60^\circ \times \frac{B-R}{MAX-MIN} + 120^\circ, & \text{if } MAX = G \\ 60^\circ \times \frac{R-G}{MAX-MIN} + 240^\circ, & \text{if } MAX = B \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} 0 & \text{if } L = 0 \text{ or } MAX = MIN \\ \frac{MAX-MIN}{MAX+MIN} = \frac{MAX-MIN}{2L}, & \text{if } 0 < L \leq \frac{1}{2} \\ \frac{MAX-MIN}{2-(MAX+MIN)} = \frac{MAX-MIN}{2-2L}, & \text{if } L > \frac{1}{2} \end{cases}$$

$$L = \frac{1}{2}(MAX + MIN)$$

3.1.3 Перевод RGB в CMYK

Перед конвертацией значения яркостей по красной, зеленой и синей составляющим нормализуются. Основным принцип преобразования состоит в следующем:

$$tC'M'Y' = \{1 - R, 1 - G, 1 - B\};$$

$$K = \min\{C', M', Y'\};$$

$$tCMYK = \{0, 0, 0, 1\} \text{ if } K = 1$$

$$tCMYK = \{(C' - K)/(1 - K), (M' - K)/(1 - K), (Y' - K)/(1 - K), K\}$$

3.1.4 Перевод RGB в YUV (YUV444)

Диапазоны изменения входных и выходных величин следующие:

- величины R, G, B, Y могут принимать значения в диапазоне [0, 1];
- величина U – в диапазоне [-0.436, 0.436];
- величина V – в диапазоне [-0.615, 0.615].

Преобразование RGB в YUV (YUV444) осуществляется по следующему принципу:

$$tYUV = \{ (0.299 R + 0.587 G + 0.114 B), (-0.14713 R + 0.28886 G + 0.436 B), (0.615 R + 0.51499 G + 0.10001 B) \}$$

3.1.5 Перевод RGB в XYZ

Перед конвертацией значения яркостей по красной, зеленой и синей составляющим нормализуются. Основным принцип преобразования состоит в следующем:

$$a = 0.055 \text{ и } 2.2$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g(R_{srgb}) \\ g(G_{srgb}) \\ g(B_{srgb}) \end{bmatrix}$$

где

$$g(K) = \begin{cases} \left(\frac{K+a}{1+a}\right)^\gamma, & K > 0.04045 \\ \frac{K}{12.92}, & otherwise \end{cases}$$

3.1.6 Перевод RGB в L*a*b*

Как говорилось выше, для конвертации RGB в L*a*b* необходимо вначале конвертировать в CIE XYZ, а затем выполнить преобразование XYZ в L*a*b*. Более подробно последнее преобразование будет рассмотрено ниже.

3.2 Преобразование модели HSB

3.2.1 Перевод HSB в RGB

Диапазоны изменения величин следующие:

- величина H может принимать значения в диапазоне [0, 360];
- величины S, V, R, G, B – в диапазоне [0, 1].

Конвертация цветовых моделей выполняется согласно правилам, описанным ниже:

$$Hi = [H / 60] \bmod 6$$

$$f = (H / 60) - Hi$$

$$p = V(1 - S)$$

$$q = V(1 - fS)$$

$$t = V(1 - (1 - f)S)$$

$$\text{if } Hi = 0 \text{ then } R = V, G = t, B = p$$

$$\text{if } Hi = 1 \text{ then } R = q, G = V, B = p$$

$$\text{if } Hi = 2 \text{ then } R = p, G = V, B = t$$

$$\text{if } Hi = 3 \text{ then } R = p, G = q, B = V$$

$$\text{if } Hi = 4 \text{ then } R = t, G = p, B = V$$

$$\text{if } Hi = 5 \text{ then } R = V, G = p, B = q$$

3.2.2 Перевод HSB в HSL

Принцип перевода достаточно прост: вначале необходимо перейти из HSB в RGB, а затем из RGB в HSL.

3.2.3 Перевод HSB в CMYK

Так же, как и ранее: вначале необходимо перейти из HSB в RGB, а затем в CMYK.

3.2.4 Перевод HSB в YUV

Ничего нового: вначале необходимо перейти из HSB в RGB, а затем в YUV.

3.3 Преобразование модели HSL

3.3.1 Перевод HSL в RGB

Диапазоны изменения величин следующие:

- величина H может принимать значения в диапазоне [0, 360];
- величины S, L, R, G, B – в диапазоне [0, 1].

Конвертация цветовых моделей выполняется согласно правилам, описанным ниже:

$$\text{if } L < 0.5 \text{ then } Q = L \times (1 + S)$$

$$\text{if } L = 0.5 \text{ then } Q = L + S - (L \times S)$$

$$P = 2 \times L - Q$$

$$Hk = H / 360$$

$$Tr = Hk + 1/3$$

$$Tg = Hk$$

$$Tb = Hk - 1/3$$

For each c = R,G,B :

$$\text{if } Tc < 0 \text{ then } Tc = Tc + 1.0$$

if $T_c > 1$ then $T_c = T_c - 1.0$

if $T_c < 1/6$ then $T_c = P + ((Q - P) \times 6.0 \times T_c)$

if $1/6 = T_c < 1/2$ then $T_c = Q$

if $1/2 = T_c < 2/3$ then $T_c = P + ((Q - P) \times (2/3 - T_c) \times 6.0)$

else $T_c = P$

3.3.2 Перевод HSL в HSB

Используется уже известный подход: вначале необходимо перейти из HSL в RGB, а затем в HSB.

3.3.3 Перевод HSL в CMYK

Так же, как и ранее: вначале необходимо перейти из HSL в RGB, а затем в CMYK.

3.3.4 Перевод HSL в YUV

Вначале необходимо перейти из HSL в RGB, а затем в YUV.

3.4 Преобразование модели CMYK

3.4.1 Перевод CMYK в RGB

Преобразование осуществляется по формуле:

$$tRGB = \{ (1 - C) \times (1 - K), (1 - M) \times (1 - K), (1 - Y) \times (1 - K) \}$$

3.4.2 Перевод CMYK в HSL

Вначале необходимо перейти в RGB, а затем в HSL.

3.4.3 Перевод CMYK в HSB

Вначале необходимо перейти в RGB, а затем в HSB.

3.4.4 Перевод CMYK в YUV

Вначале необходимо перейти в RGB, а затем в YUV.

3.5 Преобразование модели YUV

3.5.1 Перевод YUV в RGB

Диапазоны изменения входных и выходных величин следующие:

- величины R, G, B, Y могут принимать значения в диапазоне [0, 1];
- величина U – в диапазоне [-0.436, 0.436];
- величина V – в диапазоне [-0.615, 0.615].

Преобразование YUV в RGB осуществляется по следующему принципу:

$$tRGB = \{ (Y + 1.13983 V), (Y - 0.39466 U - 0.58060 V), (Y + 2.03211 U) \}$$

3.5.2 Перевод YUV в HSL

Вначале необходимо перейти в RGB, а затем в HSL.

3.5.3 Перевод YUV в HSB

Вначале необходимо перейти в RGB, а затем в HSB.

3.5.4 Перевод YUV в CMYK

Вначале необходимо перейти в RGB, а затем в CMYK.

3.6 Преобразование модели XYZ

3.6.1 Перевод XYZ в RGB

Принцип преобразования следующий:

$$a = 0.055$$

$$\begin{bmatrix} R_{linear} \\ G_{linear} \\ B_{linear} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.2410 & -1.5374 & -0.4986 \\ -0.9692 & 1.8760 & 0.0416 \\ 0.0556 & -0.2040 & 1.0570 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

затем

$$C_{srgb} = \begin{cases} 12.92C_{linear}, & C_{linear} \leq 0.0031308 \\ (1 + a)C_{linear}^{1/2.4} - a, & C_{linear} > 0.0031308 \end{cases}$$

3.6.2 Перевод XYZ в L*a*b*

Конвертация осуществляется по следующему алгоритму:

$$L^* = 116 f(Y/Y_n) - 16$$

$$a^* = 500 [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)]$$

$$b^* = 200 [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]$$

где

$$f(t) = t^{1/3} \text{ for } t > 0.008856$$

$$f(t) = 7.787 t + 16/116 \text{ otherwise}$$

X_n , Y_n и Z_n – это CIE XYZ значения белой точки.

3.7 Преобразование модели L*a*b*

3.7.1 Перевод L*a*b* в XYZ

Алгоритм перевода приведен ниже:

$$d = 6/29$$

$$f_y \stackrel{\text{def}}{=} (L^* + 16)/116$$

$$f_x \stackrel{\text{def}}{=} f_y + a^*/500$$

$$f_z \stackrel{\text{def}}{=} f_y - b^*/200$$

$$\text{if } f_y > \delta \text{ then } Y = Y_n f_y^3 \text{ else } Y = (f_y - 16/116) 3\delta^2 Y_n$$

if $f_x > \delta$ then $X = X_n f_x^3$ else $X = (f_x - 16/116)3\delta^2 X_n$

if $f_z > \delta$ then $Z = Z_n f_z^3$ else $Z = (f_z - 16/116)3\delta^2 Z_n$

*3.7.2 Перевод $L^*a^*b^*$ в RGB*

Вначале необходимо перейти в XYZ, а затем в RGB.

Задание

Разработать программный модуль для выполнения конвертации цветовых моделей, заданных преподавателем.

Литература

1. Комягин В.Б. Adobe Photoshop CS3: Официальный учебный курс. - СПб: Питер, 2008 - 819 с.
2. Молочков В. П. Издательство на компьютере. - СПб: БХВ - Санкт-Петербург, 2004. - 612 с.
3. Молочков В.П., Петров М.Н. Компьютерная графика: Учебник для вузов. – СПб: Питер, 2003. - 736 с.
4. Пономоренко С. Adobe Photoshop CS3. - СПб: БХВ - Санкт-Петербург, 2004. - 928 с.
5. Синяк М., Сапошников Н. Управление цветом. - «Компьюпринт», Март/Апрель 2000, с. 12-234.
6. Шашлов Б.А., Чуркин А.К. Цвет: как оценить, чем измерить? Системы спецификации. - «Компьюпринт», Январь/Февраль 2001, с. 18-26.
7. Шашлов Б.А. Цвет и цветовоспроизведение. - М.: «Книга», 1986.