



Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Кафедра «Медиасистемы и технологии»

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦВЕТОМ

Лекция 3

Восприятие цвета

ст.преп. Чеботарева Ирина Борисовна

План:

- Колориметрия
- Равномерные цветовые пространства и формулы разницы цветов
- Пороговая чувствительность восприятия цвета
- Теории цветового зрения

Литература:

- Кулишова, Н. Е. Поддержка стабильности цвета в открытых полиграфических системах [Текст] : монография / Н. Е. Кулишова, И. Б. Чеботарева, В. Ф. Ткаченко, Н. С. Гурьева. – Х. : ООО «Типография Мадрид», 2013. – 192 с.
- Домасев М.В., Гнатюк С.П. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения. – СПб.: Питер, 2009. 224 с., ил.
- Шашлов Б.А. Цвет и цветопроизводство. Изд. 2-е, доп.: Учебник. – М.: МГАП «Мир книги», 1995. – 316 с.

Колориметрия

В основе любой колориметрической системы находятся цветности цветов трех линейно независимых цветов, их называют **основными излучениями**

Цвет видимого спектра \mathbf{f} может быть описан в терминах основных излучений как произведение

$$\mathbf{A}^T \mathbf{f}$$

где \mathbf{A} - матрица основных излучений, которая соответствует некоторому базовому набору \mathbf{P} .

Для согласования разных измерений необходимо определить **стандартный набор основных излучений.**

Стандартный колориметрический наблюдатель описывается с помощью двух разных, но эквивалентных **наборов основных излучений** (согласно стандарту CIE).

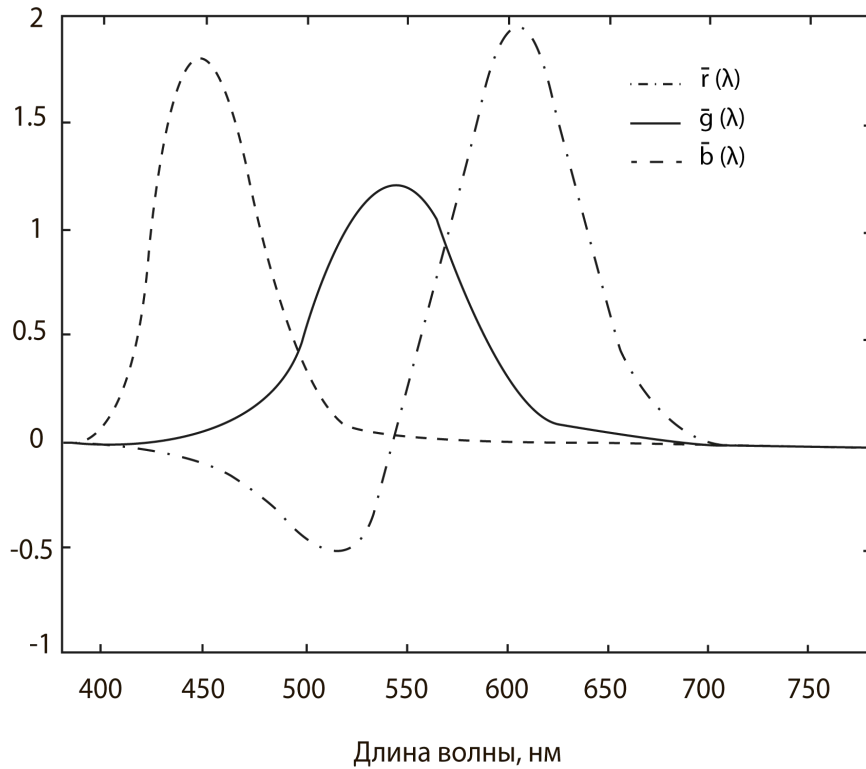
CIE RGB и **CIE XYZ**

Координаты цветности выражаются через цветовые координаты некоторого цветового векторного пространства.

Это векторное пространство определяется **кривыми сложения**.

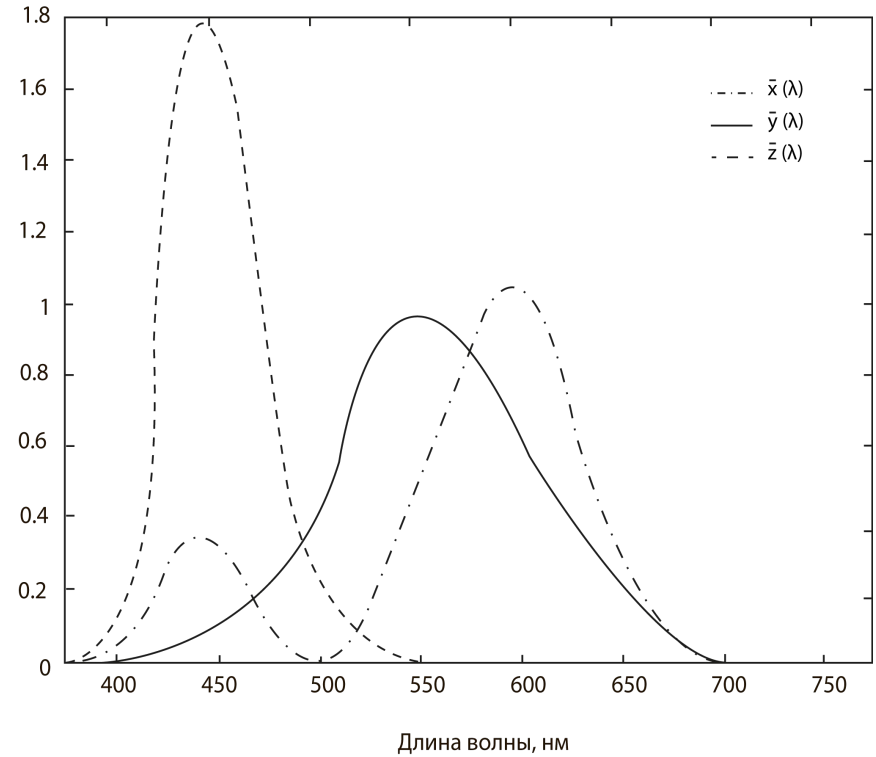
Кривые сложения – графики функций распределения по спектру удельных координат монохроматических излучений, имеющих мощность, равную 1 Вт.

Они дают возможность, измерив мощность излучения P_λ при определенном значении длины волны, вычислить координаты цвета спектральной составляющей измеряемого цвета.



Набор кривых сложения CIERGB

$$\bar{r}(\lambda), \bar{g}(\lambda), \bar{b}(\lambda)$$



Набор кривых сложения CIEXYZ

$$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$$

Координаты цвета измеряемого излучения вычисляются по формулам:

$$x' = \sum_{i=1}^N P_{\lambda i} \bar{x}_i \Delta\lambda \quad y' = \sum_{i=1}^N P_{\lambda i} \bar{y}_i \Delta\lambda \quad z' = \sum_{i=1}^N P_{\lambda i} \bar{z}_i \Delta\lambda$$

где: m – число выделенных участков спектра;

i – номер участка;

P_i – суммарная мощность излучения на i -участке спектра;

x_i, y_i, z_i – средние значения координат кривых сложения на i -участке диапазона.

Вместо абсолютной яркости вводится нормированная относительная величина.

$$k = \frac{100}{\sum_{\lambda} L(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda}$$

Координаты цвета отраженного светового потока вычисляются по формулам:

$$x' = k \sum_{i=1}^N P_{\lambda_i} \rho_i \bar{x}_i \Delta\lambda \quad y' = k \sum_{i=1}^N P_{\lambda_i} \rho_i \bar{y}_i \Delta\lambda \quad z' = k \sum_{i=1}^N P_{\lambda_i} \rho_i \bar{z}_i \Delta\lambda$$

где: ρ_i – коэффициент отражения.

В матричном виде трехкомпонентные значения цвета (CIE XYZ) .

$$\mathbf{t} = \mathbf{A}^T \mathbf{L} \mathbf{r} = \mathbf{A}_L^T \mathbf{r}$$

где: \mathbf{A} – матрица кривых сложения CIE XYZ;

\mathbf{L} – диагональная матрица освещения, и $\mathbf{A}_L = \mathbf{L} \mathbf{A}$

\mathbf{r} – вектор спектральных отражений

Координаты цвета отраженного светового потока вычисляются по формулам:

$$x' = \sum_{i=1}^N P_{\lambda i} \bar{x}_i \Delta\lambda \quad y' = \sum_{i=1}^N P_{\lambda i} \bar{y}_i \Delta\lambda \quad z' = \sum_{i=1}^N P_{\lambda i} \bar{z}_i \Delta\lambda$$

где: m – число выделенных участков спектра;

i – номер участка;

P_i – суммарная мощность излучения на i -участке спектра;

x_i, y_i, z_i – средние значения координат кривых сложения на i -участке диапазона.

Вместо абсолютной яркости вводится нормированная относительная величина.

$$k = \frac{100}{\sum_{\lambda} L(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda}$$

Равномерные цветовые пространства

Пространство CIE Luv

Значения координат CIE Luv вычисляются на основе трехкомпонентных значений CIE XYZ:

$$L = 116 f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16$$

$$u = 13L(u' - u'_n)$$

$$v = 13L(v' - v'_n)$$

где

$$f(x) = \begin{cases} x^{\frac{1}{3}} & x > 0.008856 \\ 7.787x + \frac{16}{116} & x \leq 0.008856 \end{cases}$$

$$u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} \quad v' = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z}$$

$$u'_n = \frac{4X_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n} \quad v'_n = \frac{9Y_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n}$$

X_n, Y_n, Z_n - цветовые координаты белой точки.

Пространство CIE Lab

Координата L соответствует координате L пространства CIE Luv.
Преобразование координат a и b определяется формулами:

$$a = 500 \left(f \left(\frac{X}{X_n} \right) - f \left(\frac{Y}{Y_n} \right) \right)$$

$$b = 200 \left(f \left(\frac{Y}{Y_n} \right) - f \left(\frac{Z}{Z_n} \right) \right)$$

где $f(\lambda)$, X_n, Y_n, Z_n - определены на предыдущем слайде.

Формулы цветового различия

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (L_1 - L_2)^2} = \sqrt{(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 + (\Delta L)^2}$$

$$\Delta E_2 = \sqrt{(a_0 - a_R)^2 + (b_0 - b_R)^2 + k_1 (L_0 - L_R)^2}$$

$$\Delta E_3 = \sqrt{(H_0 - H_R)^2 + k_2 (S_0 - S_R)^2 + k_1 (L_0 - L_R)^2}$$

$$\Delta E_4 = \sqrt{S^2 (H_0 - H_R)^2 + k_2 (S_0 - S_R)^2 + k_1 (L_0 - L_R)^2}$$

Формулы цветового различия

$$\Delta E_5 = \frac{1}{\sqrt{L}} \sqrt{S^2 (H_0 - H_R)^2 + k_2 (S_0 - S_R)^2 + k_1 (L_0 - L_R)^2}$$

$$\Delta E_{91} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}}{k_H S_H}\right)^2}$$

$$\Delta E_{2000} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H \cdot S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C \cdot S_C}\right) \cdot \left(\frac{\Delta H'}{k_H \cdot S_H}\right)},$$

Все приведенные формулы вычисления величины цветового различия предназначены для определения величины искажения цвета по основным цветам изображения

Теории цветового зрения

Трихроматическая теория

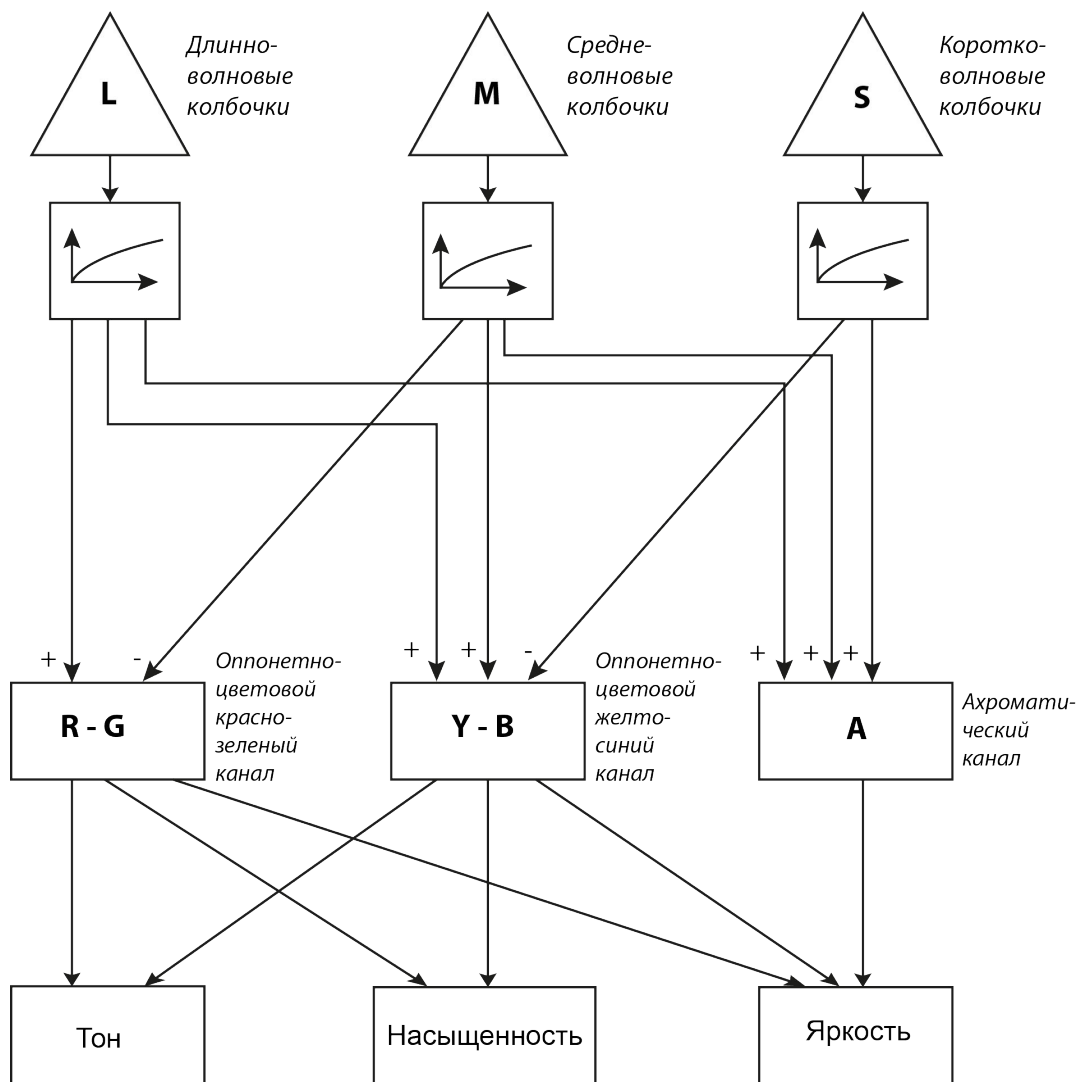
Три вида рецепторов формируют три изображения, которые передаются в мозг, где соотношения сигналов сравниваются, на основании чего и возникает цветовое ощущение

Оппонентная теория

Три типа рецепторов работают по принципу биполярного отклика в противоположных (оппонентных) терминах «светлый-темный», «красный-зеленый», «желтый-синий»

Ни одна из них не способна дать полностью объяснить все феномены цветового зрения

Зонная теория



Объединяет трихроматическую и оппонентную теории.

Предполагает, что существует две отдельные последовательные зоны зрительной системы, в которых действуют эти теории:

- 1 - сетчаточный механизм восприятия цвета – трихроматический,
- 2 - оппонентно-цветовое кодирование применяется при передаче откликов сетчатки по нервным цепям к мозгу

Восприятие цвета. Колориметрия. Теории цветового зрения