

Федеральное агентство связи
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования
Московский технический университет связи и информатики

Кафедра телевидения имени С.И. Катаева

Лабораторная работа № 62
ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВОЙ ПОРОГОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ
ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Москва 2010

План УМД на 2009/2010 уч. г.

Лабораторная работа № 62
ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВОЙ ПОРОГОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ
ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Составители к.т.н., доц. Власюк И.В.
 к.т.н., проф. Попов О.Б.
 Поташников А.М.

Издание утверждено советом факультета Р и Т. Протокол № 4
от 17 декабря 2009г.

Рецензент д.т.н., проф. Безруков В.Н.

Цель работы. Исследование чувствительности зрительной системы к изменению цветового тона.

Теоретическая часть. Цветовой тон предметов изменяет наше представление о действительных размерах, причем тона, которые кажутся тяжелыми, уменьшают эти размеры. Из равновеликих квадратов самым маленьким кажется красный, синий – больше, белый – самым большим.

Человеческий глаз воспринимает попадающий на него свет палочками, обеспечивающими сумеречное чёрно-белое зрение и колбочками, позволяющими получать сведения о цвете. В человеческом глазу примерно 110 миллионов палочек и 6-7 миллионов колбочек.

В сетчатке глаза человека предположительно есть три вида колбочек, максимум чувствительности которых приходится именно на красный, зелёный и синий участок спектра, то есть соответствуют трём «основным» цветовым тонам (рисунок 1). Они обеспечивают распознавание тысяч цветовых тонов и оттенков. Кривые спектральной чувствительности трёх видов колбочек частично перекрываются, что вызывает эффект метамерии (свойство зрения, при котором свет различного спектрального состава может вызывать ощущение одинакового цветового тона). Очень сильный свет возбуждает все 3 типа рецепторов, и потому воспринимается, как излучение слепяще-белого цвета.

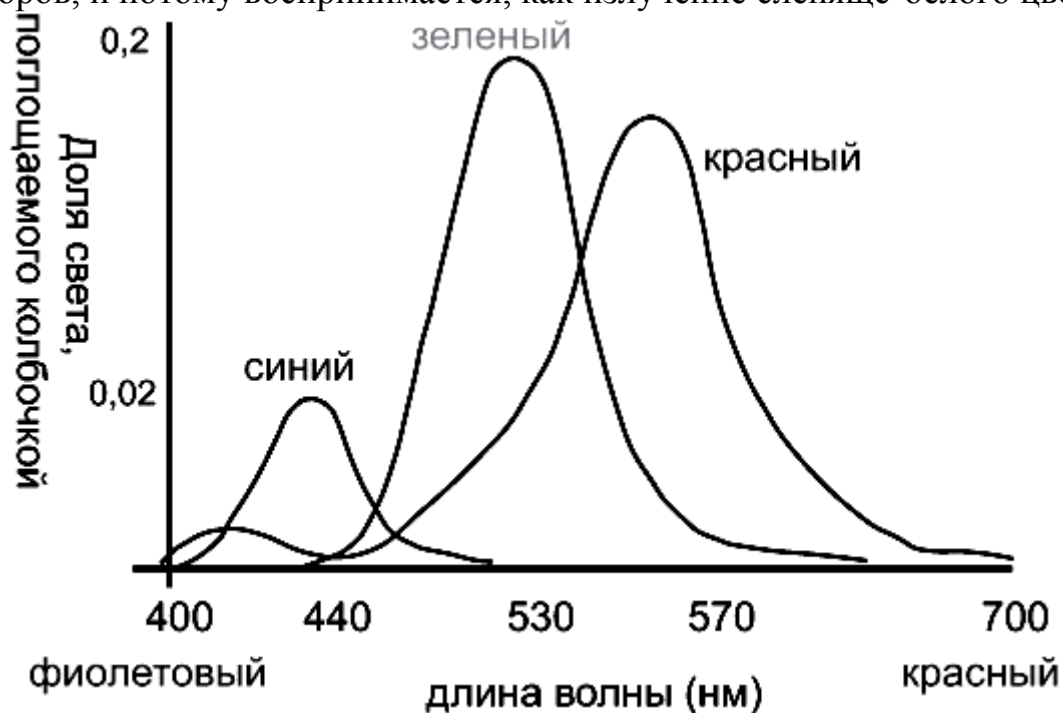


Рисунок 1. Кривые зависимостей чувствительности палочек и колбочек от длины волны

Равномерное раздражение всех трёх типов рецепторов, соответствующее средневзвешенному дневному свету, также вызывает ощущение белого цвета.

Трёхсоставную теорию цветового зрения впервые высказал в 1756 году М. В. Ломоносов, когда писал «о трёх материях дна ока». Сто лет спустя её развил немецкий учёный Г. Гельмгольц.

Параллельно существует оппонентная теория цвета Эвальда Геринга. Её развили Давид Хьюбл (David H. Hubel) и Торстен Вайзел (Torsten N. Wiesel), и которые получили Нобелевскую премию 1981 года за своё открытие. Они предположили, что в мозг поступает информация вовсе не о красном (R), зелёном (G) и синем (B) цветах (теория цвета Юнга-Гельмгольца). Мозг получает информацию о разнице яркости — о разнице яркости белого (Y_{\max}) и черного (Y_{\min}), о разнице зелёного и красного цветов (G-R), о разнице синего и жёлтого цветов (B-yellow), а жёлтый цвет (yellow=R+G) есть сумма красного и зелёного цветов, где R, G и B — яркости цветовых составляющих — красного, R, зелёного, G, и синего, B.

Математически эта теория описывается системой коэффициентов баланса белого K_{b-w} , K_{gr} , K_{brg} , которые связаны с системой RGB уравнениями (1).

$$\begin{aligned} K_{b-w} &= Y_{\max} - Y_{\min}; \\ K_{gr} &= G - R; \\ K_{brg} &= B - R - G. \end{aligned} \quad (1)$$

Практически это объясняет то, что люди воспринимают цвет предметов одинаково при разных источниках освещения (цветовая адаптация).

Несмотря на кажущуюся противоречивость двух теорий, по современным представлениям, верны обе. На уровне сетчатки действует трёхстимульная теория, однако, информация обрабатывается, и в мозг поступают данные уже согласующиеся с оппонентной теорией.

В работе рассматривается психологическое восприятие цветов, поэтому применяется вторая теория. Ближе всего ее описывает цветовая модель HSB, где H (Hue) — цветовой тон (красный, желтый, ...), S (Saturation) — насыщенность (серый, блеклый, насыщенный) и B (Brightness) — яркость (черный, темный, светлый). В системе HSB цветовой тон обычно измеряется в градусах, красный — 0° , далее переходы красный (0°) — зеленый (120°) — синий (240°) — красный ($360^\circ=0^\circ$). При просмотре близких оттенков цветового тона, они могут казаться одинаковыми, однако при превышении определенного порога, человек начинает видеть различия. Для каждого цветового тона этот порог разный (от $2^\circ - 3^\circ$ до $15^\circ - 20^\circ$). Так, человек может видеть, что два близких цветовых тона не одинаковы при различии в 2° , но при этом в другой части спектра два близких цветовых тона будут им приняты за один при разнице в 15° . Экспериментальные данные о чувствительности зрения к изменению цветности для разных точек цветового графика представлены на рисунке 2 в виде эллипсов различной величины и ориентации, внутри которых глаз не ощущает разности в цветности. Полуоси эллипсов пропорциональны порогам цветоразличимости.

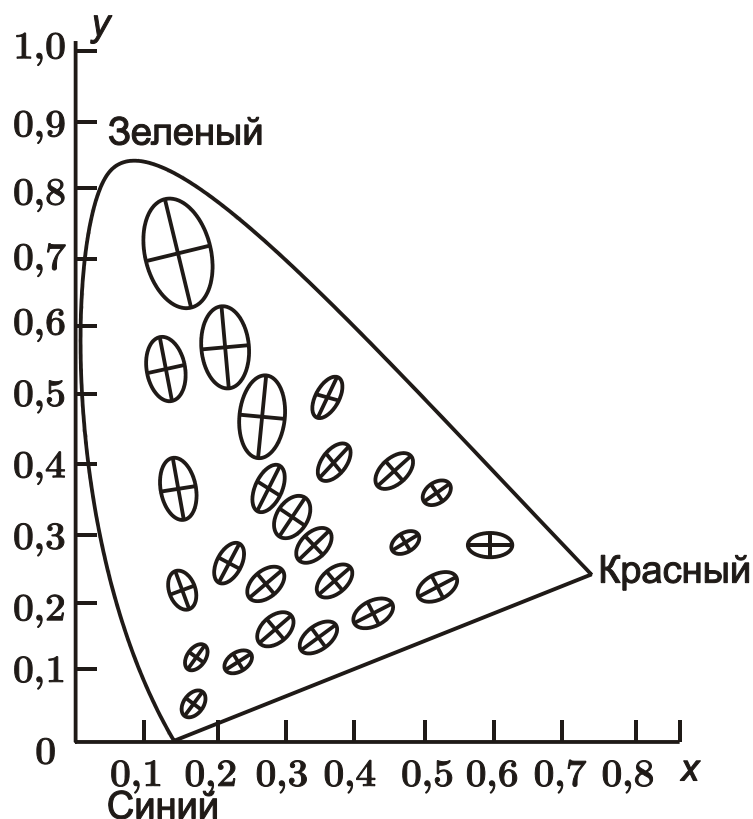


Рисунок 2. Пороги различимости на графике МКО (для наглядности эллипсы изображены с десятикратным увеличением)

На рисунке 2 показана зависимость порогов различимости как от насыщенности цвета (расстояние от точки, например, равноэнергетического белого цвета с координатами $x=y=1/3$), так и от цветового тона (определяемого, как показано выше, углом между двумя проведенными из точки, например, равноэнергетического белого цвета лучами, один из которых проходит через точку красного а другой - через точку с определяемым цветовым тоном).

Описание эксперимента. В работе определяются величины порогов для разных цветовых тонов и составляется общая картина восприятия цветовых тонов. При этом остальные параметры (яркость и насыщенность) постоянны и максимальны для большей чувствительности.

В качестве источников цвета на экране монитора отображаются прямоугольники разных цветовых тонов. Для уменьшения числа экспериментов одновременно помещается пять эталонных квадратов (одного цветового тона) и десять квадратов для сравнения, с цветовыми тонами, в разной степени отличающимися от основного цветового тона. Порог определяется по количеству замеченных отличий цветовых тонов. Эксперименты проводятся для цветовых тонов через каждые 10° , при 10 экспериментах на цветовой тон. При этом каждый следующий эксперимент проводят на дополнительном к предыдущему цветовом тоне. Дополнительными цветовыми тонами называют

пары цветовых тонов, оптическое смешение которых приводит к формированию психологического ощущения ахроматического цвета (чёрного, белого или серого).

Для определения точности воспроизведения цвета на телевизионном экране необходимо выбрать правильную меру оценки разности сравниваемых цветовых тонов. Различие между цветовыми тонами целесообразно оценивать по порогу цветоразличения, который наблюдатель в состоянии заметить.

В связи с малым количеством измерений результаты, подлежащие обработке, содержат высокий уровень ошибок. Поэтому для получения более точных результатов желательно провести их обработку, например, по алгоритму, приведенному в приложении 2.

Вид рабочего экрана (интерфейс)

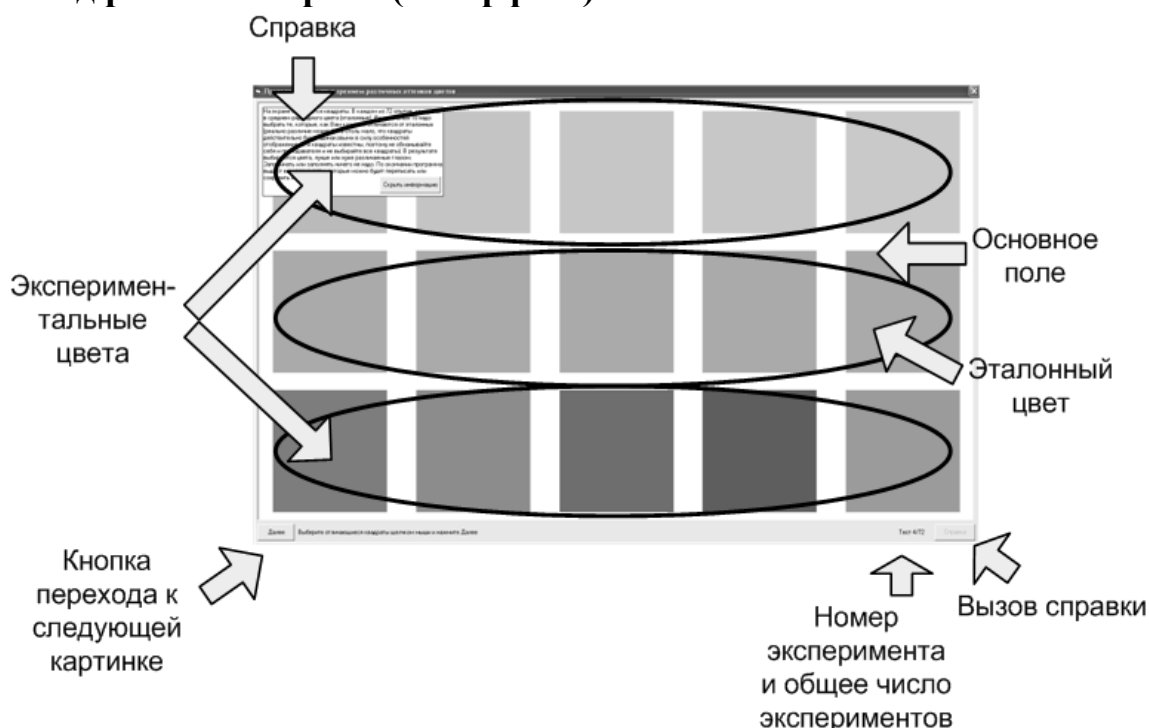


Рисунок 3. Интерфейс лабораторной работы

Предварительный расчет

По графику порогов различимости (рисунок 2) определить предельную различимость цветовых тонов для красного, зеленого и синего, а также для промежуточных цветовых тонов (желтого, голубого и фиолетового). Для этого из точки, соответствующей белому цвету, измерить угловые размеры соответствующих эллипсов. Точку белого цвета условно считать центром тяжести треугольника (точка пересечения медиан углов в вершинах), с вершинами в точках, соответствующих красному, синему и зелёному цветовым тонам. Построить график на основании определенных результатов от 0° до 360° .

Особенности измерения

1. При проведении лабораторной работы желательно находиться в непосредственной близости от экрана (желательно не более диагонали). Все квадраты необходимо внимательно рассмотреть для более точной оценки.
2. Во время тестирования рекомендуется 1-2 раза отвлечься для успокоения глаз (например на 24 и 48 опыте). Номер текущего опыта можно посмотреть внизу-справа экрана.
3. Также важно не пытаться увидеть отличия, есть оно или нет, а как можно объективнее отметить те квадраты, где отличие точно есть. Цель работы не увидеть все отличия, а определить, при каких цветовых тонах отличия лучше видны.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с интерфейсом программы (рисунок 3).
2. Запустите программу **ColorDifference.exe**. Если такой программы нет, обратитесь к преподавателю за уточнением пути к файлу и названия.
3. Прочитайте информацию, выведенную в левом-верхнем углу, после этого скройте ее. Данную информацию можно вызвать в любой момент, нажав на кнопку «Справка» в нижнем-правом углу экрана.
4. Выберите из появившихся квадратов из верхнего и нижнего ряда те, которые отличаются от квадратов среднего ряда. Для этого нужно нажать на них основной кнопкой мыши. Выделенные квадраты обводятся черной рамкой. Отменить выделение можно повторным нажатием.
5. Нажмите на кнопку «Далее».
6. Повторите пункты 4 и 5 до появления окна с надписью, что исследование завершено. (Узнать, сколько тестов пройдено и сколько осталось можно по надписи в нижнем-правом углу X/72, где X – текущий тест).
7. Перепишите результаты измерения.

Обработка результатов

1. В окне результатов исследования указывается количество замеченных отличающихся квадратов для каждого исследования. Примерная зависимость порога чувствительности от количества увиденных отличий приведена в таблице 1, по которой следует определить порог для каждого цветового тона в зависимости от количества отличающихся квадратов.

Таблица 1. Зависимость порога чувствительности от количества увиденных отличий

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Порог, град	>25	25	14	12	10	8	6	4	2	1	<1

Обработку результатов можно провести в математическом пакете MathCAD (расчет приведен в приложении 1) или любым другим методом. Результат обработки – график зависимости пороговой чувствительности зрительной системы (порога) от значения цветового тона.

2. На основании минимального определенного порога чувствительности определить степень сжатия изображения (отношение объема несжатого к объему сжатого изображения) за счет использования меньшего количества цветовых тонов. Предполагается, что без сжатия используются цветовые тона через каждый градус, а при сжатии – через равные интервалы исходя из рассчитанных данных таким образом, что человек не воспринимает разницу.

Содержание отчета

1. Название и цель работы
2. Результаты эксперимента
3. Таблица обработанных результатов
4. Аппроксимированный график порога восприятия цветового тона от цветового тона
5. Результаты обработки экспериментальных данных
6. Выводы

Контрольные вопросы

1. Что такое пространственная и временная частоты?
2. Что такое цветовая модель? Какие бывают цветовые модели?
3. Из каких измерений состоит цветовая модель HSB?
4. В чем различие понятий цвета, яркости, цветности, контраста и цветового тона?
5. В каких единицах измеряется цветовой тон в цветовом пространстве HSB и почему?
6. Чем отличается цветовая модель RGB от световой модели $K_{ч-б}$, K_{gr} , K_{brg} ?

Список литературы

1. Телевидение: Учебник для вузов / Под ред. В.Е. Джакони. - М.: Горячая линия – Телеком, 2007
2. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. – Издание 2-е, исправленное. – М.: Техносфера, 2007. – 856с.
3. [http://ru.wikipedia.org/wiki/HSV_\(цветовая_модель\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/HSV_(цветовая_модель))
4. <http://www.alvyray.com/Papers/hsv2rgb.htm>

Приложение 1. Расчет аппроксимации в MathCAD

$$\text{results} := \begin{pmatrix} \text{result}_0 \\ \text{result}_1 \\ \dots \\ \text{result}_{71} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{результаты измерений :} \\ \text{четные (res}_0, \text{res}_2 \dots) \text{ – из колонки "Отр."} \\ \text{нечетные (res}_1, \text{res}_3 \dots) \text{ – из колонки "Полож."} \end{array}$$

$$\text{results}_{72} := \text{results}_0$$

$$\text{results}_{73} := \text{results}_1$$

$$i = -9, -8..80$$

$$\text{data1}(i) := \begin{cases} \text{results}_{\text{mod}(i,72)} & \text{if } n \geq 0 \\ \text{results}_{\text{mod}(i+72,72)} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$A := -20 \log(0.03) \quad n : -8, -7..8$$

$$\beta := 0.5842 \times (A - 21)^{0.4} + 0.7886 \times (A - 21)$$

$$p(n) := \frac{I_0 \left[\beta \times \sqrt{1 - \left(\frac{n}{8} \right)^2} \right] - 1}{I_0(\beta) - 1}$$

$$h(n) := \begin{cases} \frac{\sin\left(\frac{n \times \pi}{3}\right)}{n \times \pi} & \text{if } n \neq 0 \\ \frac{1}{3} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$i := 0, 1..73 \quad x_i := -2.5 + i \times 5 \quad \text{– Значения по оси X}$$

$$\text{Approx}_i := \sum_{n=-8}^8 h(n) \times p(n) \times \text{data1}(i + n)$$

Результат обработки представляется в виде графика функции $\text{Approx}_i(x_i)$