

МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЦВЕТОВ РАЗЛИЧИЙ ПРИ ВОСПРИЯТИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Определение цветовых различий между двумя стимулами является важной задачей колориметрии и цветовоспроизведения в информационных системах. Под стимулом в данном контексте понимается цифровое изображение, исследуемое при воздействии искажающих факторов и формирующее реакцию зрительной системы человека в виде изменения цветовых ощущений. Одной из задач моделирования качества цветных цифровых изображений является установление взаимосвязи между субъективной оценкой цветовых ощущений и объективными критериями цветовых различий между парами изображений, без необходимости знания факторов искажающих изображения.

Ключевые слова: цветовое различие изображений, хроматический контраст, многомерное шкалирование, качество изображений, сенсорная характеристика.

Введение

Известно, что если некоторое время смотреть на один цвет, а затем перевести взгляд на другой, то первое время будет наблюдаться искаженное восприятие этого цвета. Цвета воспринимаются несколько иначе и под влиянием других, окружающих или соприкасающихся с ними цветов. Подобные явления называются хроматическим контрастом. Различают одновременный и последовательный хроматический контраст [Кириллов, 1987. С. 66]. Последовательный контраст – изменение цвета в результате предварительного воздействия на глаз других цветов, а одновременный контраст – изменение цвета под влиянием окружающих цветов [Там же. С. 67]. Кроме хроматического контраста существует понятие светлотного контраста, под которым понимается изменение соотношения между цветами при изменении их яркости.

В настоящее время цвет принято воспроизводить в трехмерном пространстве и измерять в единицах системы LAB, используемой в любых колориметрах, специальных системах отображения данных и системах покадровой обработки изображений. LAB представляет собой международный стандарт для цветовых измерений, принятый Международной комиссией по освещению (МКО) в 1976 г. [Fairchild, 1998]. Оценки в системе LAB определяют, как преобразовать физические измерения изображений в ощущаемые различия.

Работа посвящена новой методике оценки цветовых различий с помощью построения сенсорных зависимостей, которая далее автором подробно рассматривается и доказывается. Разработанная методика имеет следующее преимущество при сравнении с уже существующими [Измайлов, 1980; Соколов, Измайлов, 1984; Fairchild, 1998], которое заключается в возможности относительно простым способом попарно сравнить и выявить значимость качественных характеристик цвета цифровых изображений при отсутствии информации об априорно вносимых цветовых искажениях. Метод представляет первую стадию в разработке модели визуализации изображений, создаваемой для предсказания цветовых различий, имеющих широкий диапазон, и моделирования качества цифровых изображений.

Теоретические основы исследования

Ощущаемое цветовое различие характеризуется пороговой чувствительностью, т. е. минимальным требуемым различием между двумя стимулами, которое выявляется как ощу-

щаемое различие. Если евклидовы расстояния между двумя точками в цветовом пространстве пропорциональны ощущаемым цветовым различиям, цветовое пространство является равномерным, которое оптимально для установления значений допусков на цвет в системах цветопроизводства. Известно, что пространство XYZ не является равномерно ощущаемым [Соколов, Измайлов, 1984. С. 66]. Множество попыток исследователей привели к созданию МКО равномерных цветовых пространств – LUV и LAB [Артюшин, 1982; Fairchild, 1998]. Цветовое пространство LUV еще применяется для исследований, но вероятно наиболее широко используемое пространство LAB, несмотря на то что оно не может рассматриваться как равномерное, как это утверждается, и многие свойства цвета данная модель не может предсказать [Fairchild, 1998]. Цвет определяется в этом пространстве через координаты L^* , a^* , b^* , которые получают преобразованием координат цвета X, Y, Z :

$$L^* = 116 f(Y/Y_n) - 16, \quad (1)$$

$$a^* = 500 [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)], \quad (2)$$

$$b^* = 200 [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]. \quad (3)$$

где функция $f(\cdot)$ определяется как

$$f(x) = x^{1/3}, \quad x > 0,008856, \quad (4)$$

$$f(x) = 7,787x + \frac{16}{116}, \quad x \leq 0,008856, \quad (5)$$

где X_n, Y_n и Z_n – нормированные значения координат цвета белой точки¹. Аналогично цветовой тон и насыщенность могут быть рассчитаны:

$$C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}, \quad (6)$$

$$h_{ab} = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right). \quad (7)$$

Цветовое различие в LAB рассчитывается как евклидово расстояние между двумя цветами в цветовом пространстве [Кириллов, 1987. С. 94]:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}. \quad (8)$$

Так как в настоящий момент снижается применение пространства LUV, исследования в данной статье основываются на цветовом пространстве LAB. Использование вышеуказанных величин яркости цвета L^* , насыщенности C_{ab}^* , цветового тона h_{ab} может способствовать интуитивному пониманию цветового пространства LAB, относя их к перцептивным свойствам цветов. Также важное значение имеет оценивание каждой из величин пространства LAB раздельно. Для этого цветовое различие ΔE_{ab}^* разбивается на сумму квадратов составляющих яркости, насыщенности и цветового тона. Вводится величина ΔH^* , называемая МКО 1976 различием по цветовому тону, которая рассчитывается в соответствии со следующей формулой [Fairchild, 1998]:

$$\Delta H^* = \sqrt{(\Delta E_{ab}^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C_{ab}^*)^2}. \quad (9)$$

Формула цветовых различий по выражению (8) предполагает заданное измерение цветовых различий в соответствии с ощущаемым различием. Однако, как было приведено выше, цветовое пространство МКО LAB не является всецело равномерным, цветовое различие ΔE_{ab}^* не совершенно. Проводились попытки найти оптимальное выражение для цветового различия, например формула СМС [Clarke et al., 1984; McLaren, 1970], формула BFD [Luo, Rigg, 1987], сферическая модель цветоразличия [Измайлов, 1980; Соколов, Измайлов, 1984], модель МКО94 [CIE, 1993]. Необходимо отметить, что во всех разрабатываемых мо-

¹ http://www.hunterlab.com/appnotes/an07_96a.pdf.

делях цветовое различие не должно превышать пяти порогов чувствительности ($\Delta E_{ab}^* \leq 5$) [Fairchild, 1998]. Поэтому в настоящей статье использовался приближенный метод количественной оценки по широкоизвестным выражениям МКО LAB 1976².

В данной статье для ранжирования попарно стимулов по степени различия цвета и выявления количественной и качественной взаимосвязи при парном сравнении групп исследуемых искажающих факторов (светлоты, контраста, насыщенности и цветового тона) используются методы неметрического многомерного шкалирования [Torgerson, 1952]. Задача многомерного шкалирования в самом общем виде состоит в том, чтобы выявить структуру исследуемого множества стимулов. Процедура построения структуры опирается на анализ объективной или субъективной информации о близостях между стимулами либо информации о предпочтениях на множестве стимулов.

Для построения искомого координатного пространства используется достаточно разработанный аппарат линейной или нелинейной оптимизации. Обычно используется метрика Минковского³:

$$d_{jk} = \sqrt[p]{\sum_{t=1}^r |x_{jt} - x_{kt}|^p},$$

где r – размерность пространства, d_{jk} – расстояние между точками, соответствующими j -му и k -му стимулам, x_{jt} , x_{kt} – величины проекций j -й и k -й точек на t ось. Наиболее распространенными ее случаями является евклидова метрика ($p = 2$).

Вводится критерий качества отображения, называемый «стрессом» и измеряющий степень расхождения между исходными различиями D_{jk} и результирующими расстояниями d_{jk} ⁴. Ищется такая конфигурация точек, которая давала бы минимальное значение этому «стрессу». Значения координат этих точек и являются решением задачи.

Количественная оценка хроматического и светлотного контраста рассчитывается по формулам (10)–(12). Результаты расчетов представлены в виде графиков на (рис. 5 и 6).

Относительный контраст по насыщенности $T1$

$$T1 = \frac{C_{\max}^* - C_{\min}^*}{C_{\max}^* + C_{\min}^*}, \quad (10)$$

где C_{\max}^* , C_{\min}^* – максимальное и минимальное значения насыщенности в сопоставляемых полях.

Параметр K_K и K_3 можно определить по следующим формулам:

$$K_K = \frac{\Delta H_K}{h_{K_{эт}}}, \quad K_3 = \frac{\Delta H_3}{h_{3_{эт}}}, \quad (11)$$

где ΔH_K , ΔH_3 – различия по цветовому тону для красного и зеленого тестовых полей соответственно, определяемые по формуле (9); $h_{K_{эт}}$, $h_{3_{эт}}$ – значения цветового тона на эталонном зеленом и красном тестовом поле соответственно, рассчитанные по формуле (7).

Относительный контраст по цветовому тону $T2$

$$T2 = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{K_{\max} + K_{\min}}, \quad (12)$$

где K_{\max} и K_{\min} – максимальное и минимальное значения параметра в сопоставляемых полях.

Изменение светлоты стимулов ΔL можно определить по следующей формуле⁵:

$$\Delta L = L_{\text{пробы}} - L_{\text{эталона}}, \quad (13)$$

где $L_{\text{пробы}}$, $L_{\text{эталона}}$ – яркость цвета пробы и эталонного стимула соответственно.

² <http://www.nordicdreams.net.ru/articles/colorimetry.302.htm>.

³ <http://psyfactor.org/lib/terehina.htm>.

⁴ Там же.

⁵ http://www.hunterlab.com/appnotes/an07_96a.pdf.



Рис. 1. Тестовый стимул «Peppers»

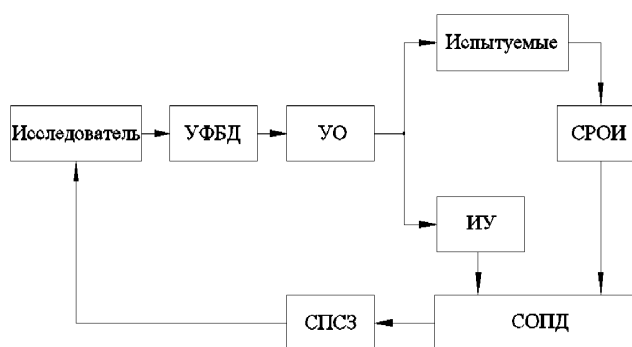


Рис. 2. Структурная схема экспериментальной установки

Экспериментальная часть исследования

Методика эксперимента. В качестве исследуемого цифрового изображения применили эталонный тестовый стимул «Peppers» размером 512×512 пикселей (рис. 1). На протяжении всего эксперимента исследовались два цветных поля в изображении, условно названные «перец зеленый» и «перец красный». Все стимулы были представлены в виде полноэкранных цветных слайдов в формате Power Point.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 2. На первом этапе исследователь создает тестовые стимулы с искажениями светлоты, контраста, насыщенности и цветового тона посредством устройства формирования базы данных тестовых стимулов (УФБД), в состав которого входит персональный компьютер с программным обеспечением ACDSsee 9.0. и MATLAB R2007a. Затем тестовые стимулы предъявляются испытуемым с помощью устройства отображения тестовых стимулов (УО), в которое входят персональный компьютер, видеопроектор и экран. Составной частью УО является видеопроектор InFocus LP820, проецирующий тестовые стимулы на экран. Оценки испытуемых фиксируются средством регистрации ответов испытуемых (СРОИ) и далее поступают в блок средств обработки полученных данных (СОПД).

На втором этапе измерительное устройство (ИУ) осуществляет снятие метрологических характеристик цветных стимулов с УО. В качестве ИУ был применен спектроколориметр ТКА-ВД/01⁶. Перед проведением измерений видеопроектор тестировался на равномерность яркости по белому тестовому полю и координаты цветности МКО x и y . Измерения показали, что девиация координат цветности x и y белой точки для данных условий проекции лежит в допустимых пределах $x = 0,304$, $y = 0,352$ (значения координат цветности в соответствии со стандартом DCI составляют $x_n = 0,314$, $y_n = 0,351$ ⁷). Результаты спектральных измерений спектроколориметра в системе МКО XYZ 1931 были подвергнуты преобразованию по формулам (1)–(5) в систему МКО LAB 1976 с источником D65 и 2° стандартным колориметрическим наблюдателем [Артюшин, 1982]. Результаты измерений также поступают в СОПД. После проведенного анализа данных осуществляется визуализация полученных результатов посредством программных средств построения сенсорных зависимостей (СПСЗ).

Психофизический эксперимент. Методы шкалирования экспертных оценок, известные из психофизических исследований, включающие построение сенсорной характеристики зрительного анализатора по четкости, могут быть использованы для определения цветовых различий в изображениях [Бардин, 1976]. Каждый эксперимент содержал эталонное изображение и серию из 11 измененных изображений.

Испытуемые. В эксперименте участвовали двадцать пять испытуемых студентов СПбГУКиТ (пятнадцать студентов мужского пола и десять женского) на момент проведения эксперимента в возрасте от 19 до 21 года, с нормальным цветовым зрением, проверенным по полихроматическим таблицам Рабкина и Юстовой [Рабкин, 1971; Юстова и др., 1993].

⁶ http://www.tka.spb.ru/produkt/tka_vd.html.

⁷ <http://www.dcmovies.com>.

Каждое эмпирическое наблюдение проводилось в совершенно темной комнате, с соблюдением фотопических условий. Изображения были представлены на белом фоне с яркостью 200 кд/м^2 . Высота экранного изображения составила $H_{\text{э}} = 1470 \text{ мм}$, ширина экранного изображения $B_{\text{э}} = 1960 \text{ мм}$. В течение проведения эксперимента каждый испытуемый был полностью независим от других. Расстояние от зрительного анализатора (ЗА) испытуемых до экрана составляло $S_{\text{э}} = 3,5H_{\text{э}} = 5145 \text{ мм}$ [Тихомирова, 2005]. В экспериментах использовался эффект повышенной цветовой адаптации зрения испытуемых, что позволяло повысить достоверность результатов [Артюшин, 1982]. Поэтому межстимульный интервал составлял $0,5 \text{ с}$, а время предъявления стимула – 7 с . Всего было 44 стимула. Из них: 11 стимулов с изменением светлоты, 11 – с изменением контраста, 11 – с изменением насыщенности и 11 – с изменением цветового тона.

Инструкция. Испытуемому предъявлялись пары стимулов, и он оценивал степень отличия стимулов целыми числами от 0 (идентичные стимулы) до 9 (максимально различные стимулы) [Соколов, Измайлов, 1984]. Оценивание изображений в баллах производилось с использованием процедуры анкетирования. Предъявления проводились в случайном порядке. Одинаковые стимулы в паре испытуемым не предлагались, но испытуемые не знали об этом. В случае каждого наблюдателя две серии оценивания изображений проводились для объектов, соответствующих спектральным измерениям, на протяжении отображения всех стимулов. Испытуемым задавались следующие вопросы: 1) обладают ли два стимула одинаково ощущаемым цветом; 2) обладают ли два предъявляемых стимула одинаково ощущаемым хроматическим контрастом? От испытуемых требовалось зарегистрировать визуально заметное изменение различия между цветами пробы при сравнении с эталонным различием между цветами. Максимальное различие испытуемые не определяли, каждый из них оценивал максимальное различие в соответствии со своим зрением [Там же]. Таким образом, оценивался разброс цветов относительно цвета эталона, следовательно, условие единства результатов спектральных измерений соблюдалось для всех отображаемых стимулов.

Метод количественной оценки цветовых различий. На следующем этапе использовалась методика расчета цветовых различий между изображениями. В случае количественной оценки цветового различия балльные оценки усреднялись по девяти испытуемым и сводились в матрицу попарных цветовых различий между стимулами для четырех исследуемых случаев. Полученная матрица служит входной информацией для дальнейшего анализа.

Далее с использованием компьютерной программы xlstat2008 было построено координатное пространство и в нем размещены исследуемые стимулы таким образом, чтобы расстояния между ними, определяемые по введенной метрике, наилучшим образом соответствовали исходным различиям между стимулами. С целью повышения точности вычислений опытным путем было установлено, что оптимальная размерность пространства равна двум. Затем полученные результаты в виде расстояний, т. е. степени отличий в цвете между группами стимулов сопоставлялись с результатами аналитических вычислений, прошедшими аналогичную процедуру многомерного шкалирования, через построение сенсорной зависимости, приведенной на рис. 5 и 7.

Построение сенсорной характеристики по межстимульному изменению свойств цвета. Результаты расчетов сведены в нижеприведенной таблице и представлены на (рис. 3 и 4). Из анализа результатов, представленных на рис. 3, следует, что, во-первых, «групповой стресс» для случая субъективного восприятия измененного цвета стимулов всех влияющих факторов составляет $0,057$, а для случая субъективного восприятия измененного хроматического контраста стимулов всех влияющих факторов – $0,190$. Следовательно, близость структуры оценок испытуемых в первом случае выше, чем во втором. В первом приближении зрительный анализатор (ЗА) проявляет большую чувствительность при изменении цвета, чем хроматического контраста.

Аналогично (см. рис. 4), «групповой стресс» при аналитически полученной структуре цветовых различий в случае тестового поля «перец зеленый» для всех влияющих факторов составляет $470,804$, а для тестового поля «перец красный» – $735,657$. Следовательно, степень расхождения исходных межстимульных расстояний и расстояний, воспроизведенных моделью, в случае аналитически определяемой структуры искажающих факторов для тестового

поля «перец зеленый» в 1,5 раза превышает степень расхождения исходных межстимульных расстояний и расстояний, воспроизведенных моделью в случае тестового поля «перец красный». Поэтому на основании приборных оценок большее влияние вносимых искажающих факторов оказывается на тестовое поле «перец красный».

Из графика на рис. 5 следует, что в первом случае соотношение пар стимулов светлота – контраст, контраст – насыщенность и светлота – насыщенность (см. таблицу) для обоих рассматриваемых случаев воспринимается одинаково. Гораздо более существенное различие наблюдается во втором случае для остальных трех пар стимулов: светлота – цветовой тон, насыщенность – цветовой тон и контраст – цветовой тон. Наибольшее и приблизительно идентичное различие в расстояниях между стимулами наблюдается в парах контраст – цветовой тон и насыщенность – цветовой тон.

Данные, полученные из модели многомерного шкалирования

№ пары стимулов	Субъективные расстояния между парами стимулов	Объективные расстояния между парами стимулов «перец зеленый»	Объективные расстояния между парами стимулов «перец красный»	Пары стимулов
1	2,556	118,47	125,75	Светлота – Контраст
2	2,819	66,25	58,31	Контраст – Насыщенность
3	3,415	78,75	82,95	Светлота – Насыщенность
4	8,330	126,06	207,22	Светлота – Цветовой тон
5	9,292	59,75	175,99	Насыщенность – Цветовой тон
6	10,609	109,25	221,16	Контраст – Цветовой тон

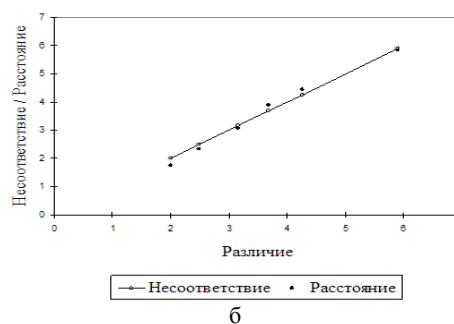
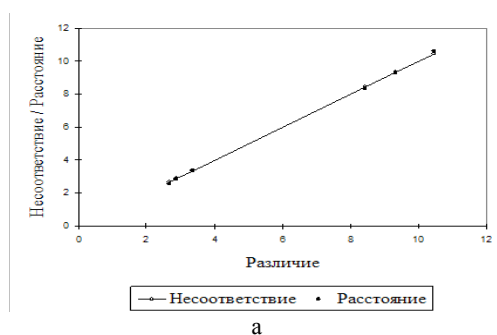


Рис. 3. Диаграмма Шепарда при восприятии измененного цвета стимулов (а); диаграмма Шепарда при восприятии измененного хроматического контраста стимулов (б) [Shepard, 1962]

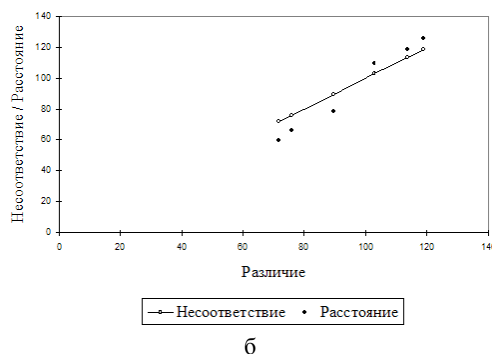
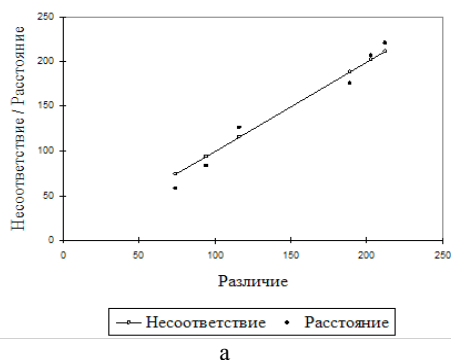


Рис. 4. диаграмма Шепарда «перец красный» (а); диаграмма Шепарда «перец зеленый» (б) [Shepard, 1962]

Сенсорные характеристики по хроматическому контрасту и светлоте между парами стимулов. По формулам (6), (9) и (10)–(12) рассчитали относительный хроматический контраст между парами стимулов «перец зеленый» и «перец красный» при относительном изменении насыщенности и цветового тона. Результаты расчетов в виде графиков сенсорных характеристик представлены на рис. 6.

Из анализа графика на рис. 6 следует, что хроматический контраст наиболее заметен при изменении цветового тона, чем при изменении насыщенности в изображении. В диапазоне относительных единиц контраста 0,15–0,43 наблюдается линейная зависимость от экспертной оценки цветовых различий. При сопоставлении диапазонов экспертных оценок в логарифмических единицах получим

$$\frac{20 \lg \frac{4,5}{0,5}}{20 \lg \frac{4,8}{3,5}} = 6,95, \text{ т. е. диапазон насыщенности примерно в}$$

семь раз превышает диапазон цветового тона.

Аналогично, при сопоставлении диапазонов по хроматическому контрасту в логарифмических единицах получим

$$\frac{20 \lg \frac{0,28}{0,09}}{20 \lg \frac{0,43}{0,15}} = 1,07, \text{ т. е. они примерно совпадают для обоих случаев,}$$

что и требовалось обосновать в данной работе. Следовательно, из проведенных расчетов



Рис. 5. Сенсорная характеристика по межстимульному изменению свойств цвета, построенная с использованием метода неметрического многомерного шкалирования

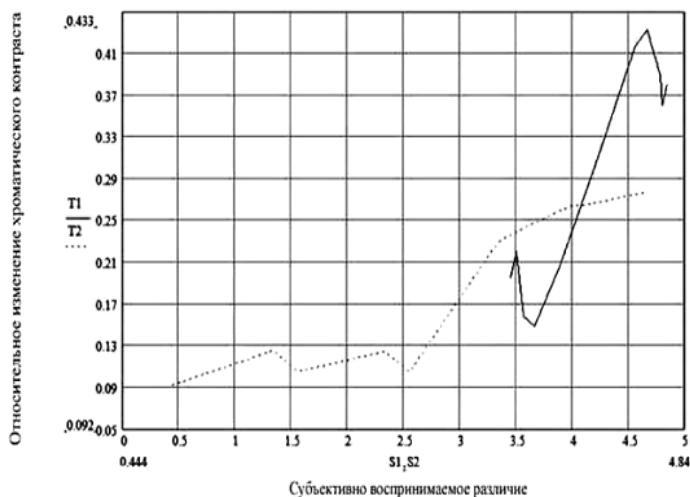


Рис. 6. Сопоставление сенсорных характеристик по хроматическому контрасту: T1 – при относительном изменении цветового тона; T2 – при относительном изменении насыщенности



Рис. 7. Сенсорная характеристика по светлоте

можно сделать вывод, что два цветных изображения будут обладать одинаковыми рассчитываемыми цветовыми различиями от эталонного изображения, несмотря на то, что одно ощущается экспертами более контрастным, а второе менее контрастным. Кроме того, при повышении насыщенности изображения улучшается субъективное восприятие хроматического контраста.

По формуле (13) определили значения изменения яркости цвета для обоих рассматриваемых случаев. Результаты расчетов представлены в виде графика на рис. 7. При повышенной светлоте стимулов хроматический контраст менее заметен вследствие появления светлотного контраста между стимулами «перец зеленый» и «перец красный», снижающего восприятие хроматического контраста. Это можно обосновать более слабой реакцией ЗА человека при этих условиях в соответствии с законом Вебера – Фехнера [Бардин, 1976].

Заключение

Результаты оценки цветового различия, полученные аналитически, совпадают с результатами экспертных оценок, что позволяет сделать вывод об адекватности применения модели цветового различия LAB и используемого метода многомерного шкалирования. С помощью метода многомерного шкалирования были выявлены и попарно сопоставлены факторы, искажающие цветные изображения. Такими факторами являлись изменения светлоты, контраста, цветового тона и насыщенности. Полученные пары факторов были упорядочены в порядке возрастания чувствительности к ним ЗА человека. Из приведенных расчетов следует, что наибольшая чувствительность ЗА человека к воспринимаемому цветовому различию между группами исследуемых стимулов с изменениями проявляется при сопоставлении пар с искажениями: насыщенность – цветовой тон и контраст – цветовой тон, а наименьшая чувствительность ЗА человека к цветовому различию при сопоставлении пар стимулов с изменениями светлоты и контраста. Результаты проведенного исследования, полученные в данной работе, совпадают с результатами аналогичных исследований [Измайлов, 1980; Соколов, Измайлов, 1984; Fairchild, 1998]. Отсюда предложенный метод построения сенсорных зависимостей на основе широко известного метода многомерного шкалирования может успешно использоваться для оценки цветовых различий при сопоставлении цифровых изображений, а также служить основой разрабатываемой программной модели визуализации изображений с построением сенсорных зависимостей.

Список литературы

- Артюшин Л. Ф. Цветоведение. М.: Книга, 1982. 200 с.
 Бардин К. В. Проблема порогов чувствительности и психофизические методы. М.: Наука, 1976. 394 с.
 Измайлов Ч. А. Сферическая модель цветоразличения. М.: Изд-во МГУ, 1980.
 Кириллов Е. А. Цветоведение: Учеб. пособие для вузов. М.: Легпромбытиздат, 1987. 128 с.

- Рабкин Е. Б.* Полихроматические таблицы для исследования цветоощущения. М., 1971. 244 с.
- Соколов Е. Н., Измайлов Ч. А.* Цветовое зрение. М.: Изд-во МГУ, 1984. 175 с.
- Тихомирова Г. В.* Физические основы получения зрительной информации. СПб.: Изд-во СПбГУКиТ, 2005. 148 с.
- Юстова Е. Н., Алексеева К. А., Волков В. В., и др.* Пороговые таблицы для исследования цветового зрения. М.: Вида, 1993.
- CIE (Commission Internationale de l'Eclairage).* Technical report: Parametric Effects in Color-Difference Evaluation, CIE Publ. 101. Vienna, 1993. Central Bureau of the CIE.
- Clarke F. J. J., McDonald R., Rigg B.* Modification to the JPC79 Colour-Difference Formula // J. of the Society of Dyers and Colourists. 1984. Vol. 100. P. 128–132, 281–282.
- Fairchild M.* Color Appearance Models. Reading, MA: Addison–Wesley, 1998.
- Luo M. R., Rigg B.* BFD(l:c) Colour Difference Formula. Part I: Development of the Formula // J. of the Society of Dyers and Colourists 1987. Vol. 103. P. 86–94.
- McLaren K.* Colour Passing – Visual or Instrumental? // J. of the Society of Dyers and Colourists. 1970. Vol. 86. P. 389–392.
- Shepard R. M.* The Analysis of Proximities: Multidimensional Scaling with an Unknown Distance Function // Psychometrika. 1962. Vol. 27, No. 2–3. P. 125–139, 219–246.
- Torgerson W. S.* Multidimensional scaling: I. Theory and Method // Psychometrika. 1952. Vol. 17, No. 3. P. 401–419.

Материал поступил в редколлегию 22.03.2008

M. D. Khorunzhij

METHOD OF SCORING COLOR DIFFERENCE IN DIGITAL IMAGE SENSING

Determination of color difference between two stimuli is an important problem of colorimetry and color reproduction in informational systems. By stimulus as used here we intend a digital image, investigated by effect of distorting factors and producing reaction of human visual system as changing of color perception. One of the principal problems of digital color image quality modeling is establishment of correlation between subjective estimation of color perception and objective criteria of color difference between pairs of images with the comprehension of the image distortion factors being not necessary.

Keywords: color image difference, chromatic contrast, multidimensional scaling, image quality, sensory characteristic.