

равноконтрастной цветовой диаграммы (α, β) , и получила значения 0,0057 и 0,1932, соответственно.

Все вышеописанные измерения порогов цветоразличения относятся к двумерной системе координат. Но введя дополнительное изменение в программный комплекс, можно добавить третье измерение – яркость. Поясним эту мысль. Если мы имеем определенный цвет в системе RGB,

●-О системе (α, β) смотри в следующей главе

равный, например, r, g и b где r, g и b – суть некоторые числа, определяющие количества основных цветов. Если эти числа умножим на постоянную величину W , мы не изменим цвет изображения, а изменим только яркость, и в зависимости от величины W либо увеличим яркость ($W>1$), либо ее уменьшим $W<1$. Таким образом, получим пороги света и цветоразличения, т.е. объемные эллипсы (эллипсоиды).

Вернемся к рис. 7.1., на котором изображены эллипсы Мак Адама. Выделим любой эллипс и рассмотрим его в отдельности (рис.7.13).

Очевидно, что глаз человека не заметит разницы в цвете между точками А и В (рис.7.13.). А это значит - зачем передавать цвет А, когда можно передать цвет В, а освободившиеся биты использовать для передачи дополнительной скрытой информации. Даже если это поле свободного информационного пространства составит всего один бит (это на один пиксель изображения), то на полный телевизионный кадр цифрового цветного изображения освобожденное информационное пространство уже будет составлять около одного Мб. Анализируя рис. 7.1., заметим, что

свободное информационное пространство зависит от передаваемого цвета изображения.

С помощью разработанного и описанного здесь программного продукта по определению порогов цветоразличения можно определить величину освобожденного информационного пространства в зависимости от цвета передаваемого элемента изображения.

Такое уплотнение канала визуально не отобразится на качестве передачи основного сигнала, и его вполне уместно применять в системах цветного телевидения и в Интернете. Хочу отметить, что существующий стандарт телевизионного вещания предполагает передачу яркостного и двух цветоразностных сигналов, получаемых от сигналов RGB телекамеры путем специального матрицирования. Поэтому дополнительно передаваемую информацию в цветном телевидении можно замешивать в цветовые сигналы непосредственно в телекамерах. В Интернете этот процесс можно осуществить практически в любом месте канала, включая любой компьютер сети Интернет. Этот факт иллюстрирует рис. 7.15.

Поясним данный рисунок. Каждый прямоугольник состоит из двух прямоугольников, расположенных вплотную друг к другу. В левой колонке обозначен цвет левых прямоугольников, а верхняя строка указывает на младшие биты, которые и являются тем необходимым "свободным" информационным пространством.

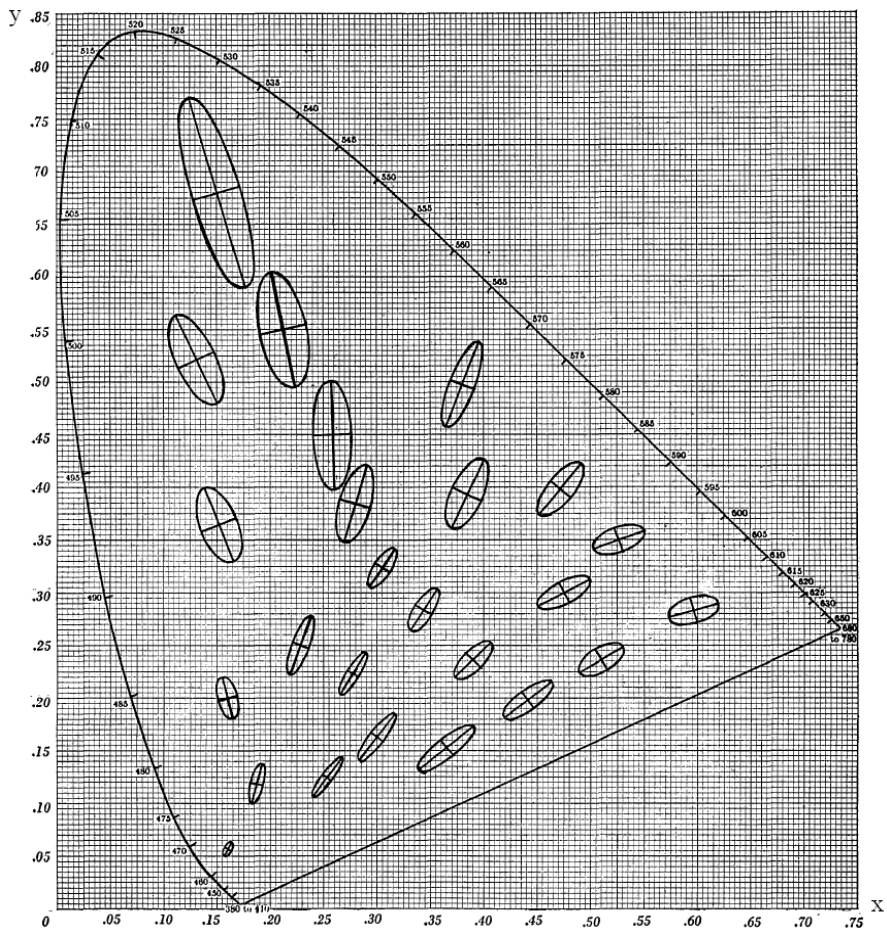


Рис. 7.1. Результаты опытов МакАдама [84]. Для наглядности величина эллипсов увеличена в 10 раз



Рис. 7.2. Структурная схема аппаратно-программного комплекса измерения и обработки результатов измерения порогов цветоразличения

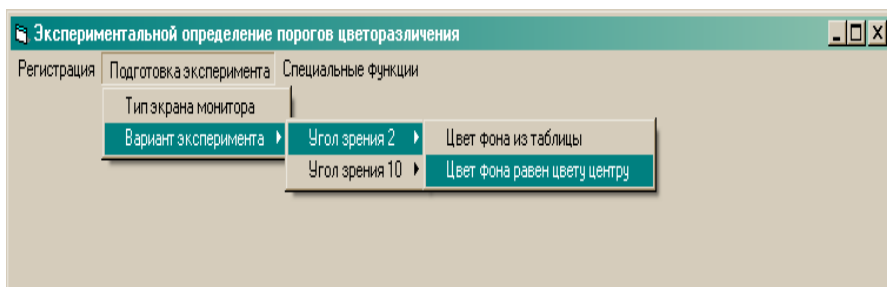


Рис. 7.3. Основное меню программы "Экспериментального измерения порогов цветоразличения"

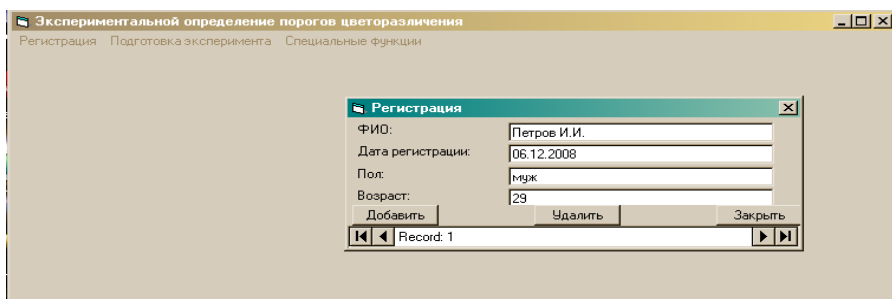


Рис. 7.4. Бланк регистрации

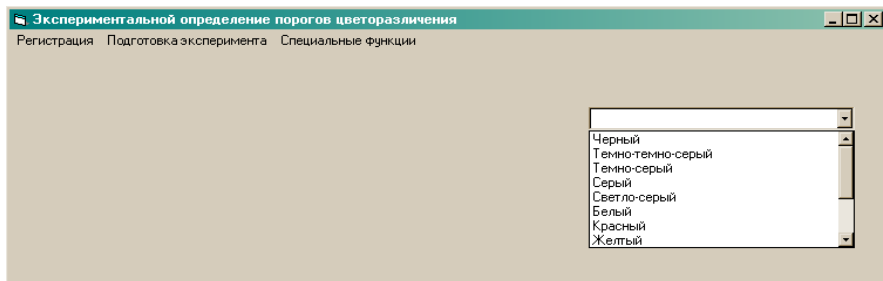


Рис. 7.5. Выбор цвета фона из таблицы базы данных

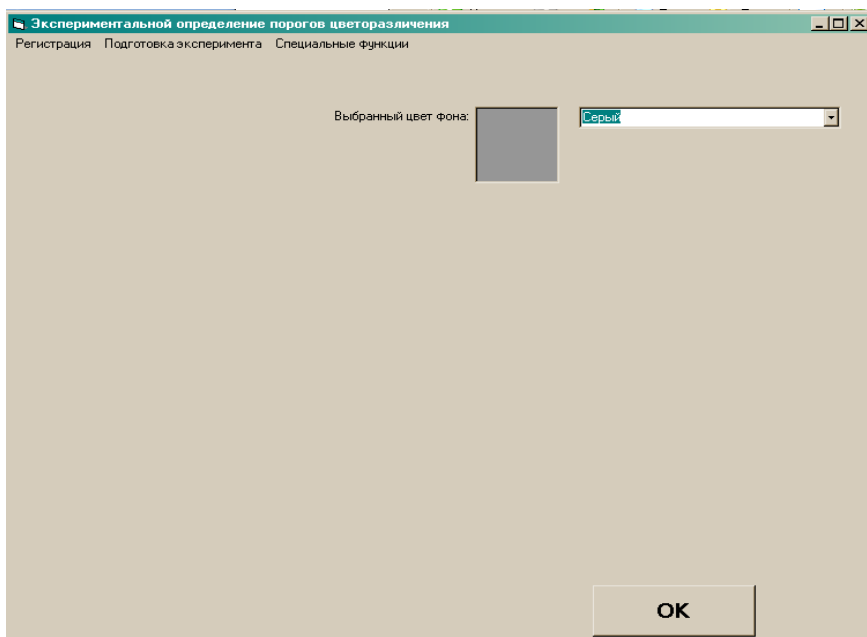


Рис. 7.6. Выбранный цвет фона из таблицы базы данных.

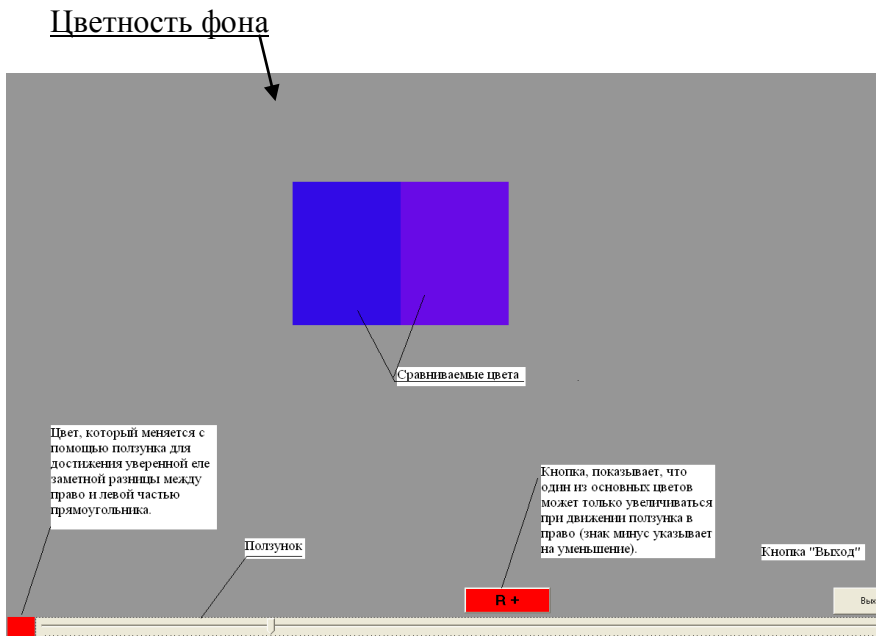


Рис. 7.7. Процесс измерения порогов цветоразличения

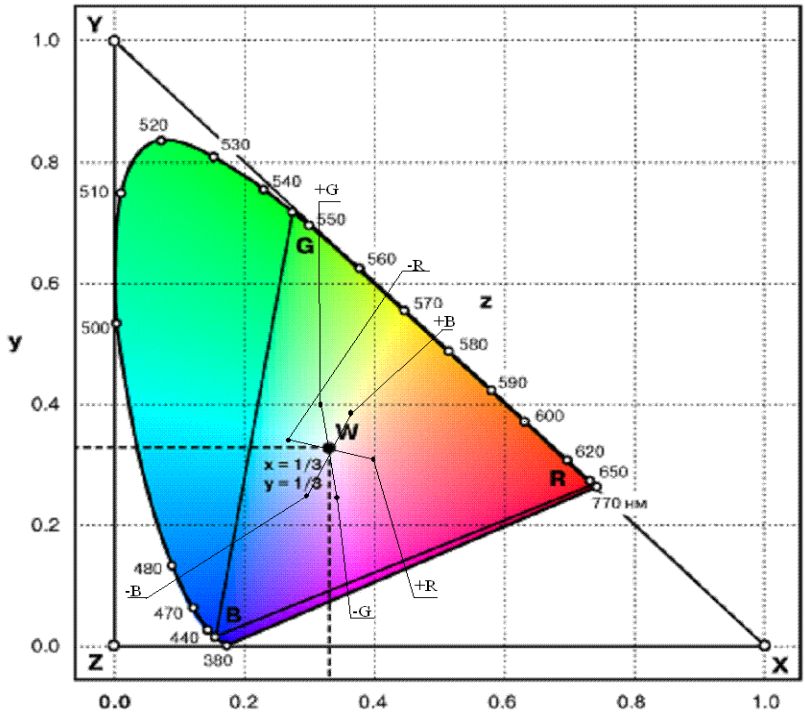


Рис. 7.8.. Изменение цветности \bar{W} при изменении интенсивности основных цветов экрана монитора

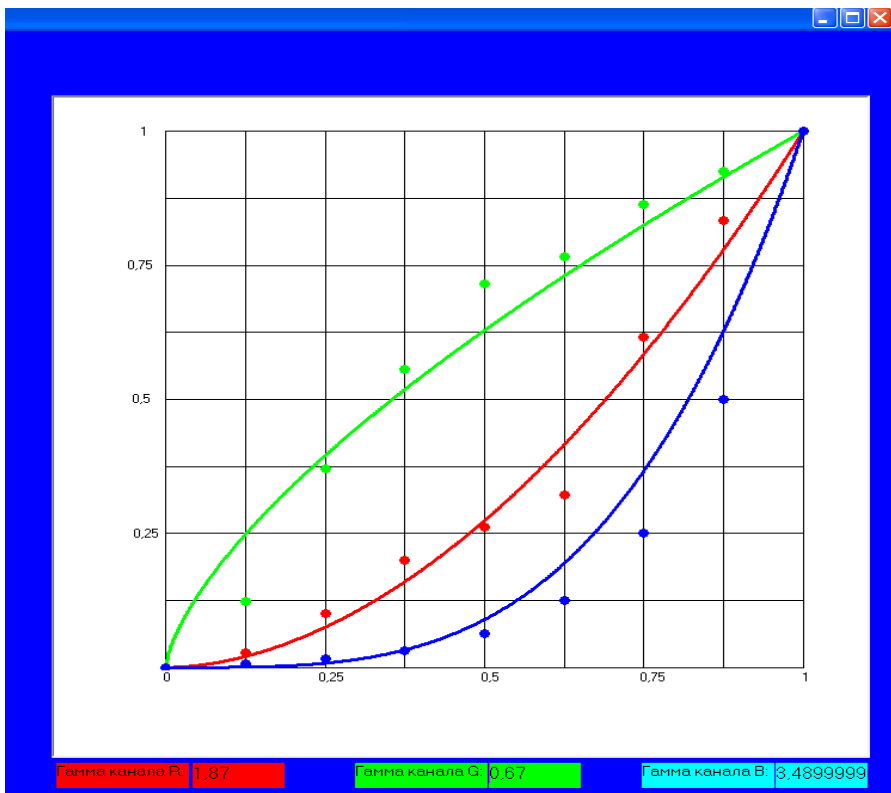


Рис. 7.9. Вычисленные гамма-характеристики для красного, зеленого и синего основных цветов экрана монитора (исходные данные произвольные)

Регистрация : таблица			
	Имя поля	Тип данных	
🔑	Код	Счетчик	
	ФИО	Текстовый	ФИО респондента
	Дата регистрации	Дата/время	
	Пол	Текстовый	Пол респондента
	Возраст	Числовой	Возраст респондента
▶			

Рис. 7.10. Структура таблицы регистрации

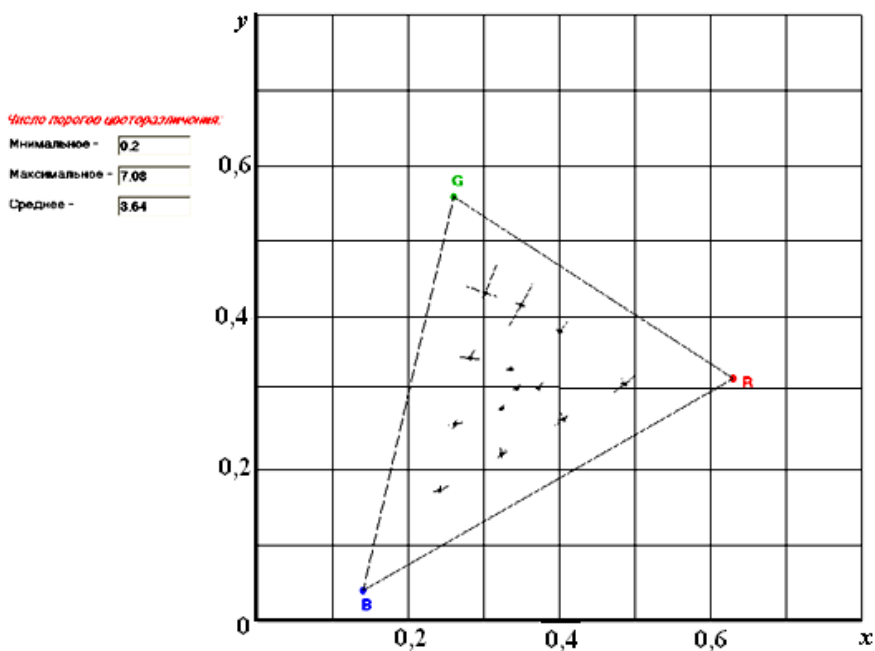


Рис.7.11. Экспериментально измеренные пороги цветоразличения в системе MKO 1931g. (x,y).

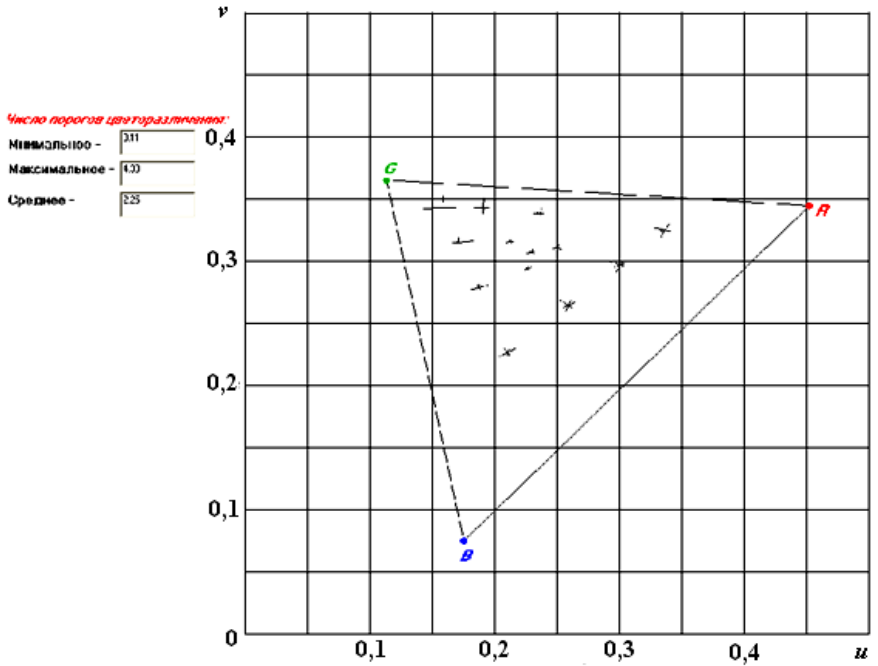


Рис. 7.12. Экспериментально измеренные порогицветоразличения в системе МКО 1960г. (u, v).

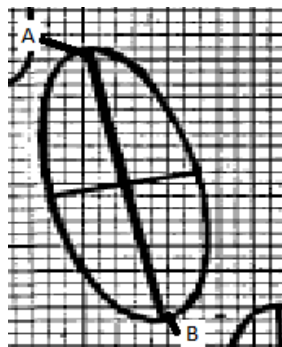


Рис. 7.13. Отдельно взятый эллипс Мак Адама

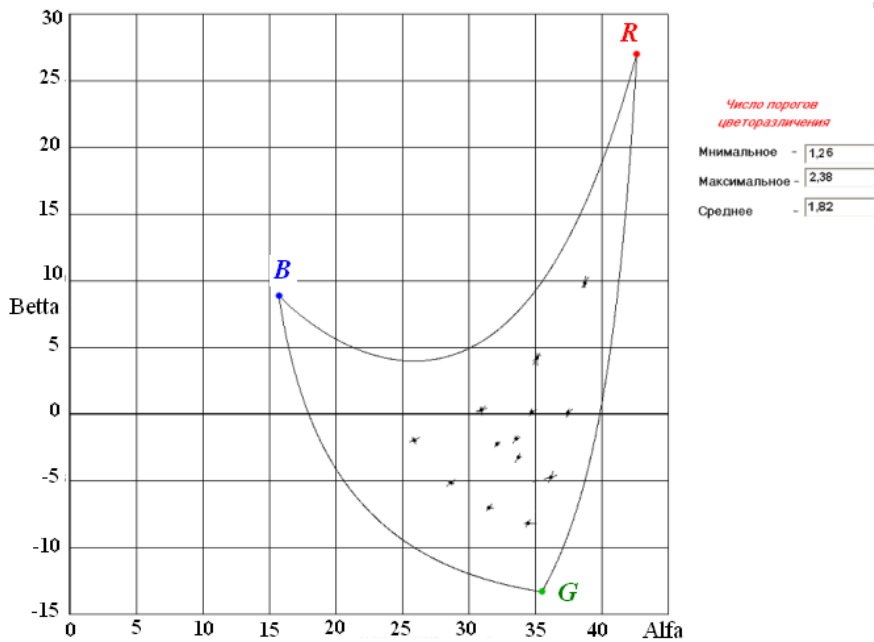


Рис. 7.14. Пороги цветоразличения на цветовой равноконтрастной диаграмме (α , β)

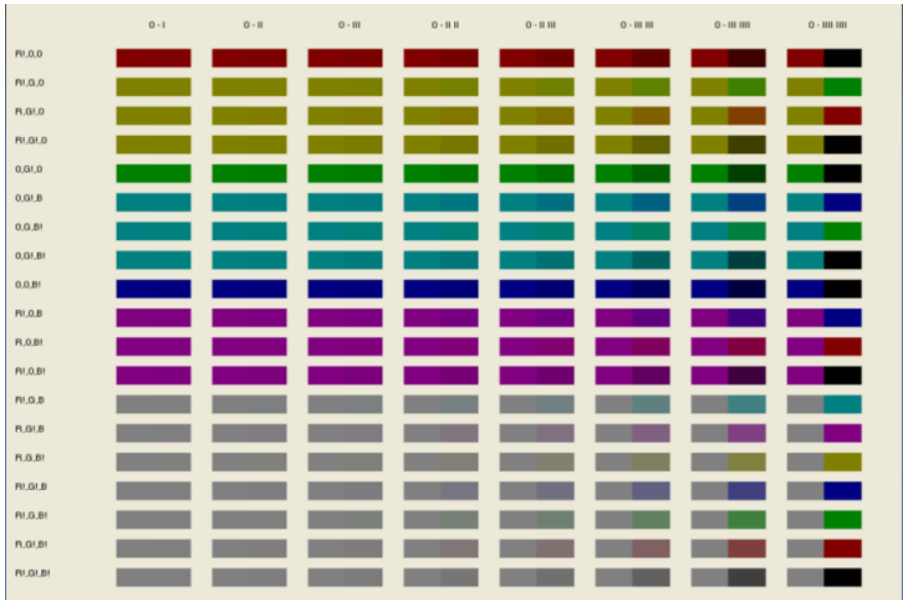


Рис.7.15. К уплотнению информации

8. Дифференциальная колориметрия

На мой взгляд главная цель дифференциальной колориметрии - это возможность найти систему такого цветного пространства, которое изотропно, т.е. однородное цветное пространство. Такая система должна иметь определенные преимущества, особенно для технических процедур, поскольку минимально воспринимаемые различия (пороги дифференциального цветоразличения) должны быть представлены в ней как равновеликие окружности (а не разные по размерам эллипсы, как это имеет место в цветовой системе координат МКО31(x, y)).

Многие исследователи [13 - 15] работали над этой задачей. При этом использовались различные цветовые системы, чтобы представить дифференциальный цвет или пороги цветоразличения, полученные экспериментально с использованием реальных наблюдателей. Экспериментальные результаты предполагают теоретическое исследование в одном случае и использование тестов, основанных на моделях цветового зрения, в другом.

Помимо этой экспериментальной процедуры есть возможность теоретически изучить эту однородную цветную систему. Некоторые исследователи [16, 17] отвергают возможность построения изотропного цветового пространства

на основе геометрических аргументов. Другие исследователи предполагают получить более менее однородную цветную систему [15], но пока ни одна из них полностью не решает проблему.

Было бы идеалом получить однородное цветовое пространство, это было бы также полезным, чтобы найти представительную систему, которая достигает цели с определенным приближением. В этой монографии автор использует аппарат тензорного анализа, в частности геометрию Римана, для исследования эллипсов Мак Адама (пороги цветоразличения) с целью синтезировать цветную систему, в которой пороги дифференциального цветоразличения являются равновеликими окружностями в двухмерном пространстве и равновеликими шарами в трехмерном цветовом пространстве, т.е. синтезировать изотропную цветовую систему.

Для начала построим двухмерное цветовое пространство, в котором эллипсы Мак Адама (см. главу 6) были бы трансформированы в равновеликие (или почти равновеликие) окружности.

8.1. Двухмерное изотропное цветовое пространство

Вернемся к рис. 7.1. При изучении этого рисунка можно выделить направления трансформации цветового пространства, чтобы уравнивать и превратить эллипсы в равновеликие окружности с небольшим разбросом диаметров. На рис. 8.1. показаны некоторые из этих направлений.

Для начала преобразования цветового пространства произведем поворот осей так, чтобы линия пурпурных цветов была параллельна оси абсцисс (ось X), как это показано на рис 8.2. При этом получим новую ортогональную систему $X'OY'$, причем [18]:

$$\begin{aligned}x' &= x \cdot \cos\alpha + y \cdot \sin\alpha, \\y' &= -x \cdot \sin\alpha + y \cdot \cos\alpha.\end{aligned}\tag{8.1}$$

Для уменьшения загромождения последующих математических выкладок опустим верхний индекс при новых координатах x' и y' .

Итак, цветовое пространство МКО 1931 (x, y) погружено в обычное евклидово пространство R^3 , с декартовыми координатами x, y, z , и в общем виде его можно записать как функцию двух переменных $\omega = f(x, y)$. Соответственно в цилиндрических координатах r, φ, z эта поверхность будет описываться функцией $\omega = f(r, \varphi)$, и заданная поверхность (цветовое пространство МКО 1931 (x, y)) является плоскостью.

Как уже говорилось, задача заключается в следующем. Нужно трансформировать плоское цветовое пространство МКО 1931 из системы координат (x, y) в другую систему координат (α, β) так, чтобы все двадцать пять эллипсов, имеющие разные размеры в системе координат (x, y) , превратились бы в равные (с некоторой малой погрешностью) окружности (или эллипсы, близкие к окружностям) в новой системе координат (α, β) . Очевидно, что новое цветовое пространство $\omega = f(\alpha, \beta)$ будет криволинейной поверхностью в системе координат (x, y) . Координаты истинных размеров эллипсов Мак Адама в повернутой системе