

# Исследование методов формирования многоцветных изображений, восстановленных с защитных голограмм

Л.А. Найден<sup>1</sup>, И.К. Цыганов<sup>1</sup>, С.Б. Одинокоев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2-я Бауманская ул., 5, стр.1, Москва, Россия, 105005

**Аннотация.** В работе исследуются различные методы расчета параметров пикселей, содержащихся в цветных радужных голограммах. Рассматриваются голограммы, изготовленные по технологии Dot-Matrix, содержащие дифракционные решетки с различными периодами и ориентациями. Исходные данные для расчета получаются из входного изображения, которое содержится в графическом файле. Проводится анализ методов исходя из степени соответствия получаемого цвета от голограммы цвету входного изображения. В работе исследовались два метода расчета параметров голографического пикселя: первый с использованием цветовой диаграммы Международной Комиссии по освещенности (МКО) и второй метод с использованием колориметрической системы RGB.

## 1. Введение

Целью работы является исследование методов формирования многоцветных изображений, восстанавливаемых с защитных голограмм, с расширенным спектральным диапазоном получаемых цветов. Для этого проводится анализ двух методов расчета параметров голографического пикселя. В результате расчета мы должны получить набор дифракционных решеток, воссоздающих цвет в пикселе голограммы, максимально приближенный к цвету в соответствующем пикселе входного изображения. Среди искомых параметров выделяют следующие[1]:

- 1) период голографической дифракционной решетки;
- 2) угловая ориентация голографической дифракционной решетки;
- 3) Параметры рельефа – глубина и вид профиля.

## 2. Методы расчета параметров голографического пикселя

Период голографической дифракционной решетки определяет длину волны излучения, дифрагировавшего от источника белого света. Угловая ориентация определяет угол поворота пластинки с голограммой при восстановлении определенного рисунка. Соответственно меняя ориентации можно добиться плавного изменения изображения при повороте голограммы. Параметры рельефа: а именно глубина и вид профиля, которые определяют яркость излучения, дифрагированного от конкретного пикселя. Помимо глубины и вида профиля, яркость излучения можно изменять площадью занятой дифракционными решетками при сохранении параметров рельефа.

Описанные выше параметры дифракционных решеток достаточно легко могут быть описаны в колориметрической системе HSB, где период дифракционной решетки соответствует координате Hue (цветовой тон), а яркость дифрагированного излучения соответствует координатам Saturation (насыщенность) и Brightness (яркость)

Исходное изображение для радужных голограмм в большинстве случаев создается при помощи графических редакторов на компьютере. В результате получается растровый файл, в котором изображение представлено в виде конечного набора пикселей[2]. Графический пиксель формируется несколькими точками с дифракционными решетками, расположенными на очень малом расстоянии друг от друга. Воспринимаемый цвет пикселя определяется лучами света, идущими в направлении наблюдателя в результате дифракции на различных дифракционных решетках. Пиксели содержат информацию о цвете, описанную в колориметрической системе RGB. Известны формулы для преобразования цветовых координат между колориметрическими системами HSB и RGB. Этот факт позволяет нам осуществлять расчет параметров голографических дифракционных решеток по данным из входного графического файла.

Хотя получение цвета, используя систему RGB, широко применяется во многих областях, и RGB-система может быть использована для передачи широкого диапазона цветов, она все равно не может охватить все возможные цвета на диаграмме МКО. Для того чтобы избавиться от этого недостатка и полностью задействовать возможность цветопередачи с помощью дифракционных решеток, будем использовать метод воссоздания цвета в колориметрической системе МКО (1931). Сравнить ширину цветовых диапазонов обеих цветовых диаграмм можно на рис. 1.

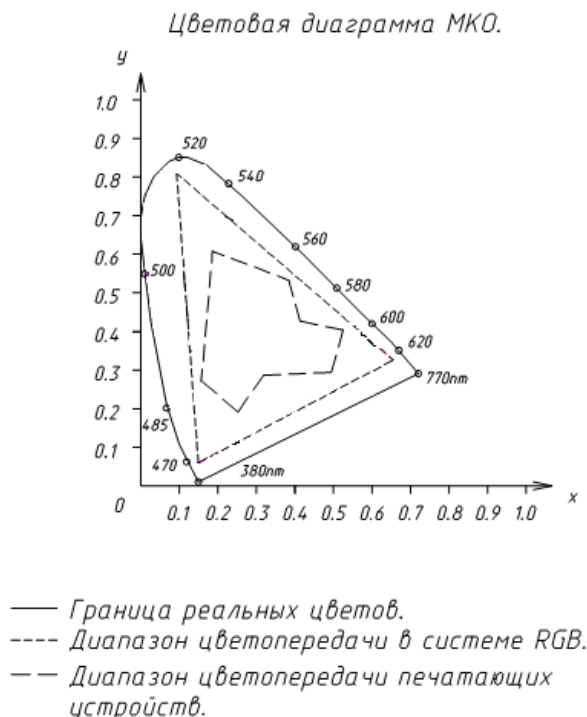
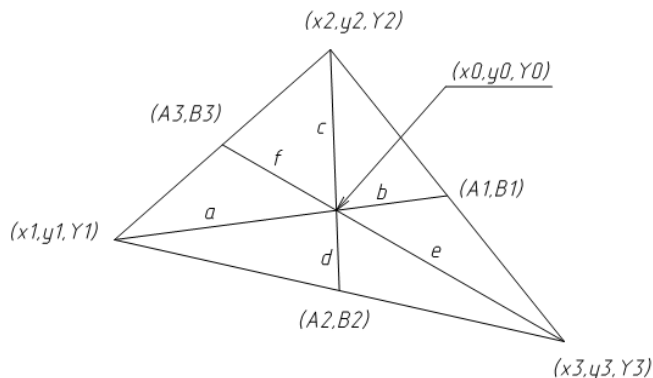
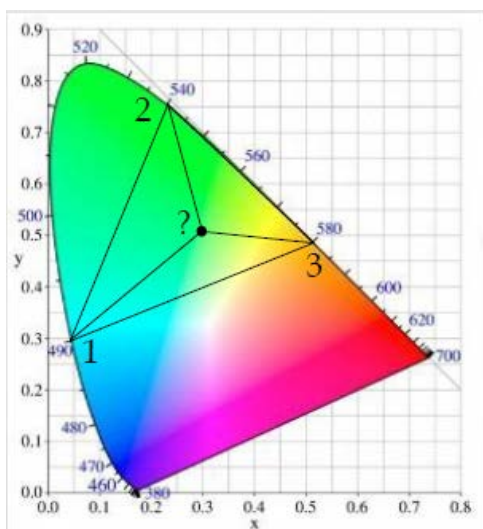


Рисунок 1. Цветовая диаграмма МКО (система XYZ).

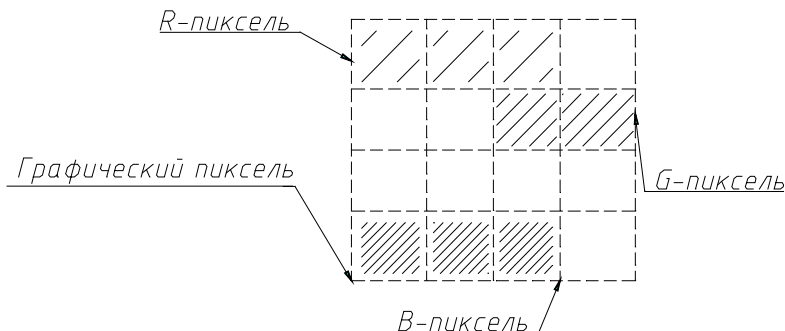
Любые три различные дифракционные точки, представляющие три различные длины волны, могут сформировать любой цвет в пределах диаграммы МКО. X, Y, Z это цветовые координаты, вершины треугольника в котором формируется цвет. По теории МКО как показано на рис. 2, требуемый цвет, это цвет имеющий координаты  $x_0$   $y_0$  и интенсивность  $Y_0$  обозначенный  $[(x_0, y_0), Y_0]$ . Три выбранные точки имеют следующие координаты  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$ . Интенсивность дифрагированного на этих трех точках света обозначим как  $Y_1, Y_2,$

УЗ. Тогда зная координаты этих самых точек, через не сложные вычисления можно прийти к определению необходимой координаты.



**Рисунок 2.** Формирование цвета в точке, находящейся внутри треугольника с вершинами, заданными тремя дифракционными точками.

Интенсивность дифрагированного излучения, показанного на рисунке 31, зависит от количества точек с дифракционными решетками, чем больше точек, тем больше интенсивность, а, следовательно, и яркость пикселя.



**Рисунок 3.** Схематическое представление графического пикселя с разной интенсивностью составляющих его элементов.

Требуемое количество точек каждого ранее определенного цвета зависит от геометрического расстояния на цветовой диаграмме МКО между требуемым цветом и тремя основными цветами. В данном случае интенсивность отраженного света соответствует количеству используемых для представления основного цвета точек.

Для определения периода дифракционной решетки в зависимости от длины волны (цвета) можно воспользоваться обычной формулой дифракционной решетки.

Для первого порядка дифракции формула дифракционной решетки записывается как:

$$d = \frac{\lambda \cdot m}{\sin \theta},$$

где d – период дифракционной решетки;

$\lambda$  – длина волны дифрагированного излучения;

$\theta$  – угол между направлением падения восстанавливающего излучения и направлением обзора.

Для  $\theta = 45^\circ$  были получены следующие результаты, которые показаны в таблице 2:

**Таблица 1.** Зависимость периода дифракционной решетки от длины волны в мкм.

Длина волны, нм	Период решетки, нм
400	571
480	685,7
570	814,3
585	835,7
615	878,6
700	1000

Угол  $\theta = 45^\circ$  т.к. это наиболее благоприятные условия просмотра голограммы при имеющихся источниках освещения.

### 3. Вывод

Соответственно выбрав достаточное количество дифракционных точек, создающих цвета близкие к границе цветовой диаграммы МКО, можно легко воссоздать практически все цвета, расположенные внутри диаграммы путем комбинации различных дифракционных пикселей. Представление изображения в системе МКО позволяет обеспечить больший цветовой спектр, чем RGB.

Следующим этапом является получение экспериментального образца голограммы с разными цветами, которые не способна получить система RGB, но которые охватывает диаграмма МКО.

### 4. Литература

- [1] Magnusson, R. Diffraction efficiency of soft thin phase grating with arbitrary grating shape / R. Magnusson, T.K. Gaylord. – J. Opt. Soc. Am. – 1978. – Vol. 68(6). - P. 87-93.
- [2] Fran, S.D. Holographic image conversion method for making a controlled holographic grating / S. D. Frank. – U.S. patent 5262879 (16 nov. 1993). – 7 p.

# Investigation of the method of forming multicolored images reconstructed from protective holograms

L. Naiden<sup>1</sup>, I. Tsyganov<sup>1</sup>, S. Odinkov<sup>1</sup>, V. Kolyuchkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Moscow State Technical University named N.E. Bauman, 2nd Bauman Str., 5, Building 1, Moscow, Russia, 105005

**Abstract.** In the paper, methods for calculating the parameters of diffraction gratings produced using Dot-Matrix technology are studied with different periods and orientations. The analysis of the methods was based on the correspondence of the received hologram color to the color of the input image. The first method is based on the formation of the intensity of diffracted light from various color components (diffraction gratings), in which the number of raster points changes. The second on the formation of different intensity at different points of the final color image. In the course of the work, experimental studies were carried out, confirming theoretically obtained data.

**Keywords:** Diffraction gratings, Color chart, Dot-Matrix, Colorimetric system.