

УДК 519.68

С. И. Хашин¹, Ю. А. Хашина²

Нахождение RGB -цветов равной яркости

Ключевые слова: обработка графики, обработка видео, преобразование цветов, цветовое пространство YUV .

Одна из основных проблем при нахождении границ на изображении состоит в том, что построенные границы не образуют непрерывных линий и, следовательно, не позволяют разбить изображение на отдельные сегменты.

Предлагается алгоритм, строящий границы на изображении в виде непрерывных линий, что позволяет сразу построить некоторую сегментацию исходного изображения.

We offer the algorithm that allows build borders on the image in the form of continuous lines; so this allows construct some segmentation of the initial image.

1. Введение

Базовым способом представления цвета в компьютере, так называемый режим *TrueColor*, является RGB -представление цвета. В этом режиме цвет каждой точки определяется тремя целыми числами (R, G, B) из интервала $[0, \dots, 255]$ представляющими яркость красной, зеленой и синей компонент соответственно; т. е. цвет точки на экране — это целочисленная точка из куба со стороной 255. В дальнейшем для краткости этот куб будем называть *единичным*.

С другой стороны, при хранении изображений основным способом представления цвета является так называемое YUV -представление, (см., напр., [1, 2, 3, 4]). Это представление цвета первоначально возникло в технике цветного телевидения. Затем оно перешло в компьютерную графику [7, 8] и видео. Практически все сегодняшние видеостандарты используют именно такое представление цвета.

На самом деле существуют два варианта YUV -представления цвета: ITU-601 [5] и ITU-709 [6]. Первый из них основной и более распространенный, но в некоторых случаях применяется и второй стандарт. Главной чертой обоих стандартов является формула для вычисления Y — яркости точки с цветовыми координатами (R, G, B) . В обоих случаях яркость является средним взвешенным значений R, G, B , но веса берутся разные. В стандарте ITU-601:

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B,$$

¹Ивановский государственный университет; E-mail: khash2@mail.ru. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 07-07-00178).

²Ивановский государственный университет; E-mail: khashina_julia@mail.ru. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 07-07-00178).

в стандарте ITU-709:

$$Y = 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B.$$

В книге [4] довольно подробно излагается история вопроса, причины, по которым выбраны именно такие, а не другие коэффициенты. Отметим, в частности, что для формулы ITU-601 вклад синей компоненты цвета в 5 с лишним раз меньше, чем зеленого, а для стандарта ITU-709 — даже в 10 (!).

2. Стандарты ITU-601 и ITU-709

Согласно стандарту ITU-601 [5] координаты Y, U, V в цветовом пространстве находятся по формулам:

$$\begin{aligned} Y &= 0.29900 * R + 0.58700 * G + 0.11400 * B; \\ U &= -0.16874 * R - 0.33126 * G + 0.50000 * B + 128; \\ V &= 0.50000 * R - 0.41869 * G - 0.08131 * B + 128; \end{aligned}$$

а по стандарту ITU-709 [6] — по формулам

$$\begin{aligned} Y &= 0.21260 * R + 0.71520 * G + 0.07220 * B; \\ U &= -0.11457 * R - 0.38543 * G + 0.50000 * B + 128; \\ V &= 0.50000 * R - 0.45415 * G - 0.04585 * B + 128. \end{aligned}$$

Происхождение и смысл этих формул можно долго обсуждать. Попробуем подойти к ним с чисто практической точки зрения — возможности максимального сжатия графической информации (с потерями).

С этой точки зрения важным является то, что человеческий глаз имеет примерно в два раза меньшее разрешение по цветам, чем по яркости. Другими словами, цветовые компоненты изображения можно сразу сжать в два раза по каждому измерению, что и делается практически во всех графических и видео-стандартах (YUV420).

Для минимизации визуальных потерь мы должны сделать так, что в плоскости цветового пространства, заданной уравнением $Y = \text{const}$, субъективная яркость цветов была одинакова.

Конечно, понятие “субъективной яркости” не может быть формализовано, и в экспериментах вряд ли можно надеяться найти коэффициенты уравнения с тремя знаками после запятой. Однако, некоторые оценки все же можно получить с достаточной точностью.

Если доверять стандарту ITU-601, то все цвета (R, G, B) , для которых величина $Y = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B$ одинакова, должны иметь одинаковую яркость. В частности, цвета $(255, 0, 0)$ (красный) и $(0, 130, 0)$ (зеленый) должны иметь одинаковую яркость. Однако, разместив их рядом на экране монитора, мы сразу убедимся, что красный цвет оказывается существенно ярче зеленого, причем для разных людей и самых разных мониторов.

Если взять для сравнения яркость зеленого и синего цветов, то результат будет еще заметнее. Согласно формалам стандарта ITU-601 цвета (0, 0, 255) (синий) и (0, 50, 0) (зеленый) должны иметь одинаковую яркость. Здесь различие визуальных яркостей будет еще очевиднее.

3. Проведенные эксперименты

Для нахождения различных цветов одинаковой субъективной яркости были проведены следующие эксперименты. Было приготовлено пять комплектов по 256 графических файлов каждый размера 800 * 800 точек, состоящих из чередующихся вертикальных полосок двух цветов. Каждый файл состоит из 200 полосок шириной по 4 точки. Цвета полосок указаны в следующей таблице.

Номер комплекта	Цвет четных полосок	Цвет нечетных
1	(0, g, 0)	(0, 0, 255)
2	(0, g, 0)	(64, 0, 196)
3	(0, g, 0)	(128, 0, 128)
4	(0, g, 0)	(196, 0, 64)
5	(0, g, 0)	(255, 0, 0)

В каждом комплекте g пробегает значения от 0 до 255. Таким образом, яркость красного и синего цвета в нечетных полосках одинакова, а яркость зеленого в четных полосках меняется от 0 до 255.

После этого просматривались последовательно все файлы из одного комплекта и выбирался среди них один тот, у которого четные и нечетные полоски имеют одинаковую яркость.

Конечно, понятие “одинаковой яркости” весьма субъективно, зависит от человека и используемого монитора. Тем не менее, были получены довольно стабильные результаты. А именно, следующие цвета были признаны имеющими равную яркость.

Номер комплекта	Цвет четных полосок	Цвет нечетных
1	(0, 122, 0)	(0, 0, 255)
2	(0, 105, 0)	(64, 0, 196)
3	(0, 97, 0)	(128, 0, 128)
4	(0, 123, 0)	(196, 0, 64)
5	(0, 147, 0)	(255, 0, 0)

К сожалению, полученные данные описать единой простой формулой не получается. Однако, методом наименьших квадратов с достаточно хорошей точностью полученный результат можно описать формулой:

$$Y = 0.268 * R + 0.520 * G + 0.212 * B.$$

В соответствии с ней в приведенной выше таблице одинаково яркими полоски будут при следующих значениях яркости зеленого цвета.

Номер комплекта	Цвет четных полосок	Цвет нечетных
1	(0, 104, 0)	(0, 0, 255)
2	(0, 113, 0)	(64, 0, 196)
3	(0, 118, 0)	(128, 0, 128)
4	(0, 127, 0)	(196, 0, 64)
5	(0, 131, 0)	(255, 0, 0)

Приведенные значения несколько отличаются от найденных экспериментально, но находятся в лучшем соответствии с экспериментом, чем обычные формулы для YUV -преобразования.

Список использованной литературы

1. *Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юдин В.* Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: Диалог - МИФИ, 2002. – 384 с.
2. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. Сойфера В. А. – 2-е изд, испр. – М.: Физматлит, 2003. – 784 с.
3. *Jahne B.* Digital Image Processing. – N.-Y.: Springer, 2002. – 598 p.
4. *Poynton C.* Digital Video and HDTV Algorithms and Interfaces // Morgan Kaufmann Publishers. – 2002. – 701 p.
5. Recommendation ITU-R BT.601 Studio Encoding Parameters of Digital Television for Standard 4:3 and Wide-Screen 16:9 Aspect Ratios. – N.-Y.: Springer, 1995. – 17 p.
6. Recommendation ITU-R BT.709 Parameter values for the HDTV standards. – N.-Y.: Springer, 1995. – 17 p.
7. The JPEG committee home page // www.jpeg.org.
8. JPEG 2000 home page // www.jpeg.org/jpeg2000/index.html.

Поступила в редакцию 20.12.2008.