

**Исследование характеристик пороговой различимости цветовых оттенков зрительной системы человека в зависимости от насыщенности и яркости изображения**

В современных методах сжатия видеопоследовательностей цвет передается с использованием цветовой модели *yuv*. Эта система использовалась ранее при передаче сигнала аналогового телевидения и впоследствии стала использоваться в цифровых системах.

Цветовая модель *yuv* сложилась исторически, перейдя в цифровое телевидение из аналогового.

Отличием цифровых систем передачи видеоинформации от аналоговых является высокая степень гибкости к алгоритмам сжатия. Перспективным направлением исследования возможности сжатия цифровых видеопоследовательностей является использование альтернативных цветовых моделей. Задачей разработчика такой модели является отражение основных особенностей человеческого зрения. В этом случае возможно в наибольшей степени использование их при сжатии видеопоследовательностей.

Человек определяет цвет как его цветовой тон, насыщенность и яркость [1]. К его восприятию ближе цветовая модель *HSB* (*hue* – цветовой тон, *saturation* – насыщенность, *brightness* – яркость). Использование этой или аналогичной модели при сжатии видеопоследовательностей может дать возможность учитывать психологические особенности человеческого зрения как основу для разделения передаваемой информации видеопоследовательности на более и менее воспринимаемую.

Насыщенность – величина, определяющая степень чистоты цвета. Чем меньше насыщенность, тем более цвет разбавлен белым. При минимальной насыщенности цвет становится серым вне зависимости от цветового тона.

Цветовой тон – величина, определяющая доминирующую длину волны в спектре (красный, желтый, синий).

Яркость – величина, являющаяся показателем мощности цвета. Нулевая яркость соответствует черному цвету. Человек в основном воспринимает окружающий мир по яркости, поэтому эта величина несет наибольшую информацию для человека.

Человек воспринимает лишь ограниченное количество цветов, при этом это количество зависит от насыщенности и яркости (рисунок 1). Было проведено исследование для выявления чувствительности человеческого зрения к цветовому тону [2].

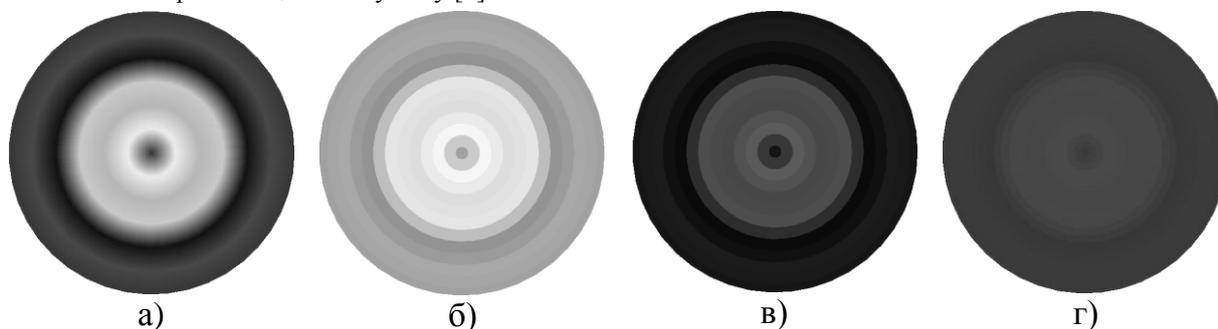


Рисунок 1. Примеры исследуемых изображений: а) 100% яркость, 100% насыщенность, 255 градаций цветового тона; б) 100% яркость, 50% насыщенность, 15 градаций цветового тона; в) 50% яркость, 100% насыщенность, 15 градаций цветового тона; г) 50% яркость, 50% насыщенность, 30 градаций цветового тона;

Целью исследования было определение количества градаций цветового тона, необходимое для восстановления видеопоследовательности с субъективно сохраненным или в малой степени уменьшенным качеством. Кроме того, задачей было определение зависимости количества заметных изменений цветов от насыщенности и яркости. Поскольку при уменьшении насыщенности и яркости цвета меньше заметны, то предполагалось, что при уменьшении этих компонент, количество различимых градаций цветового тона также уменьшится [3].

Исследование чувствительности человеческого глаза к изменению цветового тона проводилось следующим образом. Испытуемому показывался круг, по радиусу которого располагалось несколько (от 1 до 255) градаций цветового тона. Радиус круга выбирался 30см таким образом, чтобы он вписывался в экран телевизора с диагональю 24" (61см). Человек сидел на расстоянии 3 диагоналей телевизора. Все элементы круга имели одинаковую яркость и насыщенность.

Компоненты насыщенность, яркость и цветовой тон определялись согласно системе *HSB* и пересчитывались в систему *RGB* по формулам 1 (диапазон всех компонент: 0-255):

$$\begin{aligned}
H_i &= \left[ \frac{H}{42.5} \right] \\
f &= \frac{H}{42.5} - \left[ \frac{H}{42.5} \right] \\
p &= \frac{B(255-S)}{255} \\
q &= \frac{B(255-fS)}{255} \\
t &= \frac{B(255-(1-f)S)}{255}
\end{aligned}
\tag{1}$$

если  $H_i = 0 \rightarrow R = V, G = t, B = p$   
если  $H_i = 1 \rightarrow R = q, G = V, B = p$   
если  $H_i = 2 \rightarrow R = p, G = V, B = t$   
если  $H_i = 3 \rightarrow R = p, G = q, B = V$   
если  $H_i = 4 \rightarrow R = t, G = p, B = V$   
если  $H_i = 5 \rightarrow R = V, G = p, B = q$

где  $H, S, B$  – компоненты цветовой модели  $HSB$  цветовой тон, насыщенность, яркость соответственно;  $R, G, B$  – компоненты цветовой системы  $RGB$  красный, зеленый, синий соответственно, «[ ]» означает выделение целой части. Визуализация модели приведена на рисунке 2. По окружности откладывается цветовой тон, по радиусу – насыщенность, по оси – яркость [4].

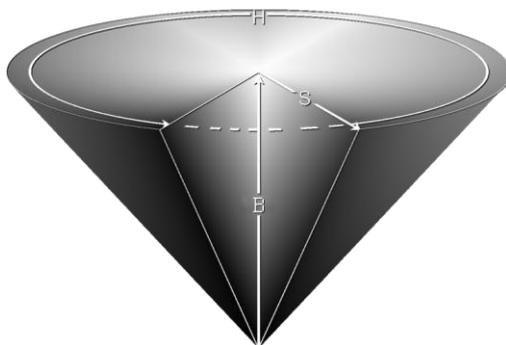


Рисунок 2. Визуализация цветовой модели HSB

Задача испытуемого была определить, видит ли он градации или плавный градиент. Количество градаций уменьшалось до тех пор, пока человек не начал видеть конкретные градации.

Испытания проводились с шагом 10 по компонентам яркости и насыщенности. После проведения испытания результаты интерполировались. Результаты исследования приведены на рисунке 3.

Исследования показали, что при максимально ярких и насыщенных цветах, человек воспринимает около 30-40 градаций цветового тона. Это количество экспоненциально уменьшается при уменьшении яркости и насыщенности. Это объясняется тем, что при уменьшении яркости и уменьшении насыщенности цвета с разным цветовым тоном располагаются ближе. Большинство людей не замечают разницы изображений, если при насыщенности менее 20% убрать информацию о цветовом тоне.

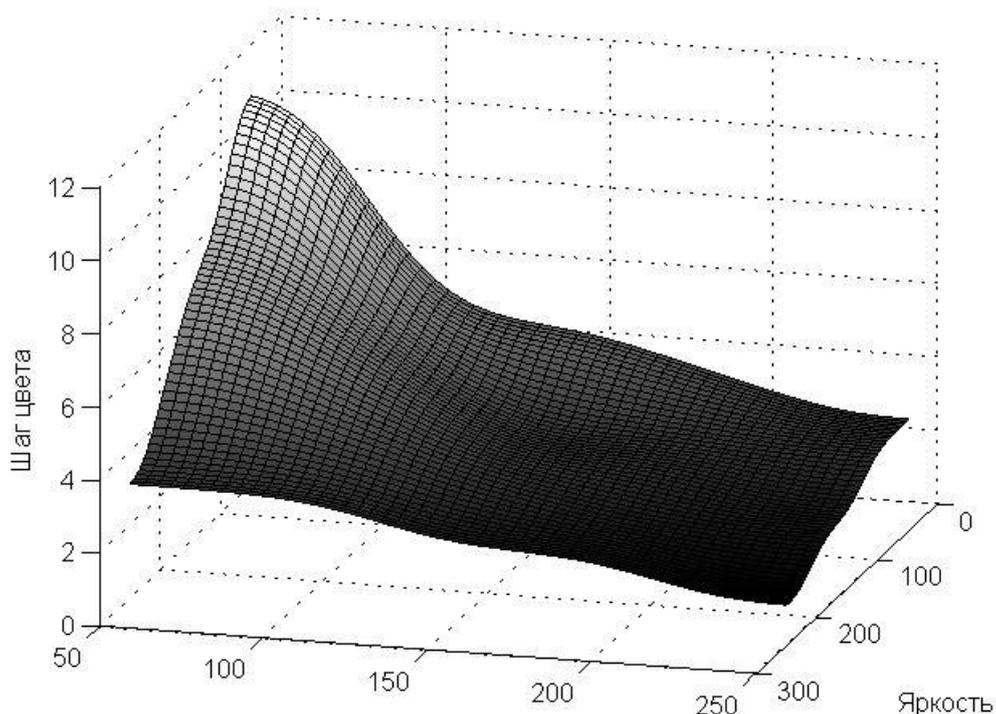


Рисунок 3. Зависимость различного шага цвета от величины яркости и насыщенности

Модель *HSB* можно использовать при кодировании видеопоследовательностей для уменьшения избыточной информации. Для этого можно использовать квантование цветового тона в зависимости от насыщенности и яркости цвета. Это особенно эффективно в тех случаях, когда видеопоследовательность имеет малую яркость (например, ночные сцены) или малую насыщенность (например, туман). Недостатком такого подхода является большая ресурсоемкость. Для каждого пикселя видеопоследовательности требуется переход в систему *HSB* и обратно, поскольку сама система не является оптимальной при сжатии видеопоследовательностей [5]. Кроме того, в ярких и насыщенных сценах данный подход может приводить к небольшим искажениям из-за округлений при переводе цвета из одного цветового пространства в другое.

#### Список литературы:

- 1) Годен Ж. Колориметрия при видеообработке. М.: Техносфера, 2008 – 328с.
- 2) Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. СПб., 1998.
- 3) Гуревич М. Цвет и его измерение. — М.-Л.: Издательство АН СССР, 1950 – 268с.
- 4) Маргулис Д. PhotoShop для профессионалов. Классическое руководство по цветокоррекции. РТВ-Медиа, 2001.
- 5) Ричардсон Я. Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 – стандарты нового поколения. М.: Техносфера, 2005 – 368с.

**POTASHNIKOV A.M. ROMANOV S.G.**

#### **INVESTIGATION OF COLOUR SHADES THRESHOLD VISIBILITY CHARACTERISTICS OF HUMAN VISUAL SYSTEM BASED ON SATURATION AND BRIGHTNESS**

Human eyes are able to see different amount of color tone depending on the brightness and the saturation of the pixel. This paper contains the results of the investigation of this dependency. We propose the way to use *HSB* model to reduce the redundant information in the video sequence for the better code efficiency.