

ЦВЕТОВЫЕ ПРОСТРАНСТВА В АЛГОРИТМАХ РЕКОЛОРИЗАЦИИ ДЛЯ ПОМОЩИ ЛЮДЯМ С АНОМАЛЬНОЙ ТРИХРОМАЗИЕЙ В ВИЗУАЛЬНОМ ВОСПРИЯТИИ ИНФОРМАЦИИ

Синицына В.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Прудник А.М. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. На сегодняшний день для реколоризации изображений в соответствии с их корректным восприятием людьми с аномальной трихромазией применяются различные методы и алгоритмы. В процессе подобной реколоризации используется как изменение показателей отдельных характеристик цвета, так и преобразование цветов в соответствии с некоторым определенным алгоритмом в различных цветовых пространствах. Проведение экспериментов с изменением характеристик цветов изображений в различных цветовых пространствах позволит определить особенности рассматриваемых пространств, которые применимы в процессе реколоризации изображений с целью их последующего беспрепятственного восприятия аномальными трихроматами.

Ключевые слова: аномальная трихромазия, цветовые пространства, яркость цвета, насыщенность цвета, цветовой тон

Введение. Аномальная трихромазия на данный момент является наиболее распространенным видом аномалий цветового зрения и наблюдается примерно у 5% населения Земли, тогда как вообще аномалии цветового зрения свойственны 8% населения земного шара.

Представляет собой аномальная трихромазия недостаточное количество фотопигмента красного, зеленого или синего цветов в колбочках глаз человека, в зависимости же от недостаточного количества одного из вышеперечисленных цветов данная аномалия подразделяется на такие формы, как протаномалия, дейтераномалия и тританомалия, соответственно [1]. Кроме того, в зависимости от количества недостающего фотопигмента определяется и степень тяжести аномальной трихромазии, которая дифференцируется на сильную, среднюю и слабую. Сильная степень тяжести аномальной трихромазии обозначается буквой «А», средняя – «В», а для слабой используется «С». Также существует более конкретное числовое выражение степени тяжести, которое принимает значение в пределах от 0,1 до 0,9, где 0,1 представляет собой наиболее слабую степень тяжести, а 0,9 – наиболее сильную.

Для помощи аномальным трихроматам в корректном восприятии окружающей их визуальной информации используются различные методы и алгоритмы реколоризации, которые позволяют получить преобразованное изображение посредством изменения имеющихся у цвета основных характеристик – цветового тона, насыщенности и яркости.

Так, цель работы – определить цветовые пространства, которые применимы в процессе реколоризации изображений с целью их последующего беспрепятственного восприятия людьми с аномальной трихромазией.

В качестве задач можно выделить следующие:

– анализ применяемых в настоящее время цветовых пространств и изменяемых при этом цветовых характеристик для реколоризации изображений с целью их корректного восприятия аномальными трихроматами;

– проведение экспериментов с преобразованием цветовых характеристик в различных цветовых пространствах и рассмотрение результатов данных преобразований на предмет использования определенных цветовых пространств в реколоризации изображений для людей с аномальной трихромазией;

– анализ полученных в предыдущем пункте результатов и подведение итогов.

Основная часть. Цветовая информация представлена в устройствах в пространстве RGB . Хотя данное цветовое пространство является очень наглядным, все же цветовой охват системы RGB составляет меньше половины площади, изображающей все существующие цветности, почти 70 % площади цветности лежит в области отрицательных значений координаты r , что сильно усложняет колориметрические расчеты [2].

Именно по этой причине преобразования координат выполняют в этом пространстве очень редко, чаще всего происходит конвертация в иные цветовые пространства, к координатам которых применяют тот или иной метод, после чего координаты вновь преобразуют в RGB , чтобы вывести изображение на экран. В качестве так называемых промежуточных цветовых пространств, используемых в процессе реколоризации изображений, применяются такие пространства, как: LMS , XYZ , $L^*a^*b^*$, HSI , HSL , HSV , $YCbCr$, Luv [3, 4].

Для проведения экспериментов с изменением цветовых характеристик в различных промежуточных цветовых пространствах и рассмотрения результатов данного преобразования используются возможности среды разработки *Android Studio*, языка программирования *Java*, библиотеки компьютерного зрения *OpenCV*, а также следующий алгоритм преобразования изображений:

- 1) представление изображения в виде матрицы в цветовом пространстве BGR ;
- 2) преобразование изображения из цветового пространства по умолчанию BGR в необходимое цветовое пространство;
- 3) формирование матрицы преобразования:
 - 3.1) представляется единичная матрица размером 3×3 ;
 - 3.2) в имеющейся единичной матрице одну из диагональных единиц необходимо умножить на показатель преобразования значения для той или иной координаты цветового пространства (в данном случае в качестве используемых показателей преобразования значений координат цветовых пространств использованы 2 и -2);
- 4) перемножить изображение, полученное в результате конвертации в пункте 2), с матрицей преобразования из пункта 3);
- 5) итоговое изображение конвертировать в RGB для вывода на экран устройства.

Для проведения эксперимента по выявлению наиболее подходящих для изменения координат у тех или иных цветовых пространств с целью корректирования изображения для возможности овладения визуальной информацией людьми с аномальной трихромазией данный алгоритм был реализован в виде метода на языке *Java* в *Android Studio* с применением библиотеки *OpenCV 3.4.15* и протестирован с использованием для различных цветовых пространств (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты преобразования изображения посредством изменения значений координат в различных цветовых пространствах

Цветовое пространство	Изменяемая координата	Результат преобразования изображения (всего изображения, если не оговорено иное) при постепенном умножении координаты на значения от 2 до -2 (при 1 принимается значение корректного восприятия изображения нормальным трихроматом)
XYZ	X	от насыщенного красного до насыщенного зеленого тона
	Y	от яркого, насыщенного зеленого до яркого, насыщенного красного тона
	Z	от едва заметного синего до желтого тона
$L^*a^*b^*$	L	увеличение и уменьшение яркостной составляющей
	a	от насыщенного красного до насыщенного зеленого тона
	b	от насыщенного желтого до насыщенного голубого тона
HSL	H	от увеличения количества зеленого до увеличения количества красного тона некоторых участков изображения
	S	от увеличения отчетливости объектов на изображении до представления объектов изображения в серых тонах
HSL	L	от интенсивного осветления изображения до сплошного черного тона
Luv	L	от интенсивного осветления изображения до сплошного черного тона
	u	от насыщенного красного до насыщенного зеленого тона

Продолжение таблицы 1

	v	от желтоватого до фиолетового (с исчезновением четких границ объектов) тона
$YCbCr$	Y	увеличение и уменьшение яркостной составляющей
	Cb	от красного насыщенного до зеленого насыщенного тона
	Cr	от синего до желто-зеленого тона

Стоит отметить, что изменение цветового тона и прочих цветовых характеристик для XYZ , $L^*a^*b^*$, HSL , Luv , $YCbCr$ происходило лишь с некоторого определенного значения в матрице преобразований (примерно с 1,5, так как при значениях от 1,1 до 1,4 изменения характеристик практически не наблюдались). После использования в матрице преобразования значения, которое равно или превышает 2,0, изображение никоим образом не изменялось, оставаясь на предельном значении изменяемой характеристики, которое было установлено еще при значении в 2,0.

Анализ таблицы позволяет сделать следующие выводы:

- для увеличения насыщенности красного или зеленого тона изображения необходимо увеличить или уменьшить значения определенных координат во всех вышеперечисленных цветовых пространствах;

- для увеличения же насыщенности красного или зеленого тона не всего изображения, а только отдельных его объектов применяется преобразование цветового тона (H) в цветовом пространстве HSL (а также HSV и HSI);

- для увеличения насыщенности синего (или более близкого к фиолетовому, голубому) или желтого тона изображения следует увеличивать или уменьшать значения соответствующих координат в следующих цветовых пространствах и семействах цветовых пространств: XYZ (Z), $L^*a^*b^*$ (b), Luv (v), $YCbCr$ (Cr);

- для воздействия на яркостную составляющую применяется изменение значения координаты L в цветовых пространствах $L^*a^*b^*$, HSL , Luv и Y в $YCbCr$;

- для воздействия на отчетливость объектов изображения обычно увеличивается показатель S в HSL (или в HSV , HSI);

- очевидно, что при изменении каждой из координат RGB меняется насыщенность красного, зеленого и/или синего цветов, соответственно, однако стоит отметить, что при изменении цветов в данном цветовом пространстве сам процесс изменения насыщенности происходил более плавно и значение в 2,0 не являлось предельным, как это происходило с другими цветовыми пространствами.

Для воздействия на яркостную составляющую и отчетливость объектов на изображении можно использовать изменение значения координаты L в $L^*a^*b^*$, HSL , Luv и Y в цветовом пространстве $YCbCr$, а также S в HSL (или в HSV , HSI). Однако данные показатели могут зависеть не столько от зрения человека, сколько от таких факторов, как освещение объекта, камера устройства, время суток. Наиболее благоприятным представляется использование яркости и насыщенности в качестве параметров, значения которых пользователю следует настраивать самостоятельно в зависимости от вышеперечисленных факторов.

Изменение красной и зеленой составляющих цветов потенциально полезно для таких форм аномальной трихромазии, как протаномалия и дейтераномалия, причем следует рассматривать для этой цели любое цветовое пространство, представленное выше. Кроме того, при необходимости изменения данных цветовых составляющих лишь для некоторых объектов изображения (объектов, изначально содержащих более насыщенные цветовые тона красного или зеленого цвета) возможно использование преобразования координаты H в HSL , HSV или HSI .

Для схожих с вышеупомянутыми преобразованиями синего цвета, которые необходимы для корректирования изображений для тританомалов, могут быть использованы изменения Z в цветовом пространстве XYZ , b – в $L^*a^*b^*$, v – в Luv и Cr в семействе цветовых пространств $YCbCr$.

Однако для плавного изменения цветового тона красного, зеленого и синего цветов больше подойдет цветовое пространство RGB , хотя оно и не способно охватить довольно большое количество имеющихся в природе цветов.

Так, следует комбинировать изменение разных параметров в разных цветовых пространствах с целью обозначения некоторого итогового фильтра для изображений и видео для людей с аномальной трихромазией. Полученный фильтр будет преобразовывать яркость и насыщенность в HSL , HSV , HSI , $L^*a^*b^*$, Luv , $YCbCr$ в зависимости от заданного пользователем значения, а цветовые составляющие можно изменять в любом вышеупомянутом цветовом пространстве.

Заключение. Выполненный анализ применяемых в настоящее время промежуточных цветовых пространств и изменяемых при этом цветовых характеристик для реколоризации изображений для аномальных трихроматов показал, что наиболее часто используемыми промежуточными цветовыми пространствами являются: XYZ , $L^*a^*b^*$, HSL , HSV , HSI , Luv , $YCbCr$. Проведение экспериментов с преобразованием цветовых характеристик в различных цветовых пространствах показало, что в качестве промежуточных цветовых пространств могут быть использованы последовательно сразу несколько пространств, причем воздействие в каждом из пространств будет направлено на наиболее нуждающийся в преобразовании для данного конкретного случая аномальной трихромазии параметр.

Список литературы

1. Шиффман, Х. Р. Ощущение и восприятие / Х. Р. Шиффман. – Санкт-Петербург : Питер, 2003. – 222 с.
2. Батай, Л. Е. Измерения в лазерных и оптоэлектронных системах : учебно-мет. пособие : в 3 ч. / Л. Е. Батай, А. Л. Гурский, В. В. Мирончик. – Минск : БГУИР, 2015. – Ч. 1. Фотометрические и колориметрические измерения. – 66 с.
3. Zhu, Z. Image Recoloring for Color Vision Deficiency Compensation: a Survey / Z. Zhu, X. Mao // *The Visual Computer*. – 2021. – Vol. 37. – P. 2999–3018.
4. Ribeiro, M. Recoloring Algorithms for Colorblind People: a Survey / M. Ribeiro, A. J. P. Gomes // *ACM Comput. Surv.* – 2019. – Vol. 52. – P. 1–37.

UDC 612.845.5: 004.421

COLOR SPACES IN RECOLORIZATION ALGORITHMS TO HELP PEOPLE WITH ANOMALOUS TRICHROMACY IN VISUAL PERCEPTION OF INFORMATION

Sinitsyna V.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Prudnik A.M. – PhD, associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. To date, different methods and algorithms are used to recolor images in accordance with their correct perception by people with anomalous trichromacy. In the process of such recolorization both the change in the indicators of individual color characteristics and the transformation of colors in accordance with some specific algorithm in different color spaces are used. Carrying out experiments with changing the characteristics of images colors in different color spaces will allow us to determine the features of the considered spaces that are applicable in the process of recolorization of images with the aim of their subsequent unhindered perception by anomalous trichromates.

Keywords: anomalous trichromacy, color spaces, color brightness, color saturation, color tone