

УДК 355.233.1.005

К.С. Смеляков

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

ЭФФЕКТИВНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПОДХОД ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЦВЕТОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ HSI

В статье предлагается решение актуальной в настоящее время проблемы адекватного и вычислительно эффективного пересчета цветовых координат пикселей цветных изображений, при переходе из пространства RGB в пространство HSI без искажения метрических свойств пространства HSI.

Ключевые слова: изображение, цветовое пространство, система технического зрения, адекватность, эффективность.

Введение

В настоящее время цветные изображения используются при решении большинства задач сегментации и распознавания в широком спектре приложений, например, при решении задач классификации участков земной поверхности с применением байесовского классификатора [1 – 3].

Целесообразность рассмотрения цветных изображений продиктована тем, что получение информативных полутоновых изображений в сложных условиях близости фотометрических характеристик объектов и фона возможно далеко не всегда [4, 5].

Кроме того, особую актуальность рассмотрение цветных изображений имеет для точечных и мало-размерных изображений, поскольку анализ геометрических характеристик таких объектов не является информативным [4, 5].

При помощи стандартных устройств оцифровки видеоинформации можно получить цветное изображение в формате RGB [2]. Для целей сегментации при этом может требоваться перейти от модели RGB к иной требуемой.

В системах технического зрения основными в настоящее время считаются энергетическая модель RGB и информационная модель HSI с компонентами: цветовым тоном (Hue), насыщенностью (Saturation) и интенсивностью (Intensity), или яркостью (Lightness).

Геометрически, система цветов RGB представляется кубом в декартовой системе координат ($x = R, y = G, z = B$). При использовании стандартной 256 градационной шкалы, значения яркости по каждой компоненте цветовой модели RGB принимают значения в диапазоне $[0, \dots, 255]$.

Пространство HSI характеризуется тем же самым набором цветов, но определяемым в цилиндрической системе координат ($\varphi = H, \rho = S, z = I$), с началом в точке $Bl = (0,0,0)$, отвечающей черному

цвету, и с главной осью z , направленной вдоль диагонали BlW куба RGB (рис. 1).



Рис. 1. Геометрическая интерпретация пространства HSI, представленного своим центральным шестигранным сечением, внутри пространства RGB [6]

В настоящее время в целях упрощения вычислений при переводе цветовых координат из системы цветов RGB в систему цветов HSI часто используют приближенные формулы перевода цветовых координат. В результате применения таких формул значительно искажаются метрические свойства пространства HSI (рис. 2), что может приводить к неадекватным результатам сегментации изображений объектов на цветных снимках в условиях близости фотометрических характеристик объектов и фона.

Таким образом, для обеспечения адекватности и устойчивости функционирования современных систем машинного зрения в условиях близости фотометрических характеристик объектов и фона актуальной является задача выбора и использования таких формул пересчета цветовых координат, применение которых, при приемлемой трудоемкости, не приводит к искажению метрических свойств пространства HSI.

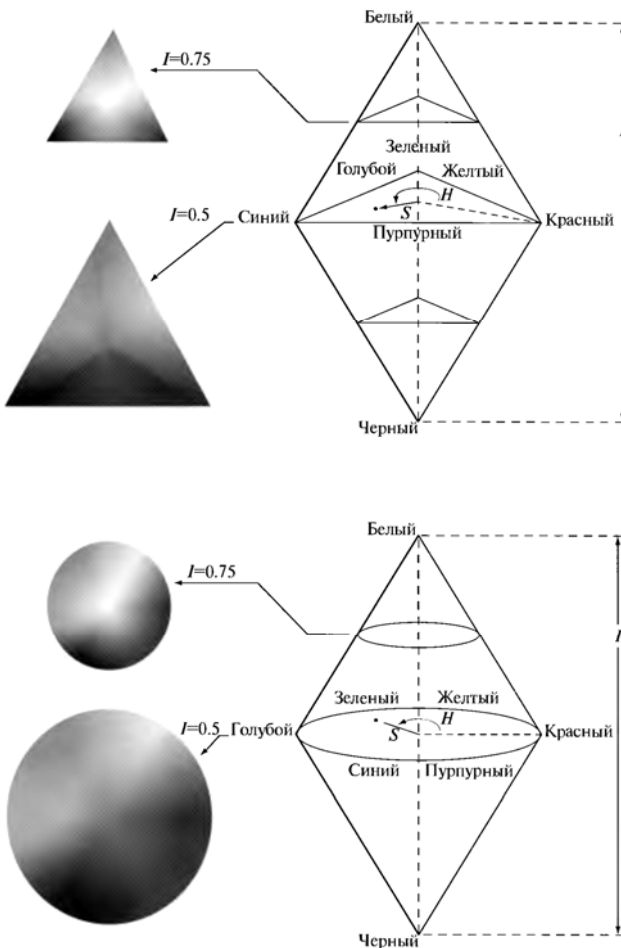


Рис. 2. Геометрическая интерпретация пространства HSI, в основе которой лежат (а) цветные треугольники и (б) цветные круги [2]

Изложение основного материала

Для решения поставленной задачи с целью адекватного пересчета цветных координат пикселей при переходе из пространства RGB в пространство HSI предлагается применять следующие выражения.

Допустим, что в пространстве RGB некоторый цвет задан точкой $v_1(r_1, g_1, b_1)$.

Шаг 1. Получение яркости. Яркость i в модели HSI [6] получаем так

$$i = r_1 + g_1 + b_1, \quad i \in [0, 765]. \quad (1)$$

Эта яркость определяет плоскость сечения куба RGB, перпендикулярную диагонали BIW вида

$$r + g + b = i, \quad (2)$$

которая пересекается с диагональю BIW в точке $v_0(r_0, g_0, b_0)$, где $r_0 = g_0 = b_0 = i/3$.

Шаг 2. Получение цвета. Точка v_0 – это начало полярной системы координат ($\varphi = H, \rho = S$) в плоскости (2). При этом для любой плоскости вида (2) начало отсчета по углу φ принято связывать с направлением на красный цвет. Это направление

определяется вектором $v_R(r_R = i, g_R = 0, b_R = 0)$ с началом в точке BI и концом на плоскости (2).

Цвет h для заданной точки $v_1(r_1, g_1, b_1)$, вектора смещения $v_0(r_0, g_0, b_0)$ и нуля вектора $v_R(r_R, g_R, b_R)$ определяется углом φ [6] между векторами v_0v_1 и v_0v_R в плоскости (2)

$$h(\varphi) = \arccos\left(\frac{(v_0v_1, v_0v_R)}{\|v_0v_1\| \cdot \|v_0v_R\|}\right), \quad 0 \leq h \leq \pi, \quad (3)$$

где скалярное произведение (v_0v_1, v_0v_R) векторов v_0v_1, v_0v_R рассчитывается так

$$(v_0v_1, v_0v_R) = R_1 \cdot R_R + G_1 \cdot G_R + B_1 \cdot B_R,$$

длины векторов v_0v_1, v_0v_R рассчитывается так

$$\begin{cases} \|v_0v_1\| = \sqrt{R_1^2 + G_1^2 + B_1^2}, \\ \|v_0v_R\| = \sqrt{R_R^2 + G_R^2 + B_R^2}, \end{cases}$$

а координаты векторов v_0v_1, v_0v_R в плоскости (2) рассчитывается так

$$\begin{cases} v_0v_1 = (R_1 = r_1 - r_0, G_1 = g_1 - g_0, B_1 = b_1 - b_0), \\ v_0v_R = (R_R = r_R - r_0, G_R = g_R - g_0, B_R = b_R - b_0). \end{cases}$$

Поскольку цвет h принимает значения в диапазоне $[0, \pi]$ необходимо его доопределить следующим образом

$$h = \begin{cases} 2\pi - h, & \text{if } (b_1 > g_1), \\ h & , \text{ else,} \end{cases} \quad 0 \leq h \leq 2\pi. \quad (4)$$

Геометрическая интерпретация палитры любого цвета h в пространстве HSI представляется треугольником, одна из сторон которого совпадает с диагональю BIW, а две другие образованы линиями пересечения граней куба RGB и полуплоскости, построенной множеством прямых с началом на отрезке BIW в направлении h (рис. 3). При этом цвет для диагонали BIW не определен, поскольку по этой диагонали откладываются лишь градации серого цвета.

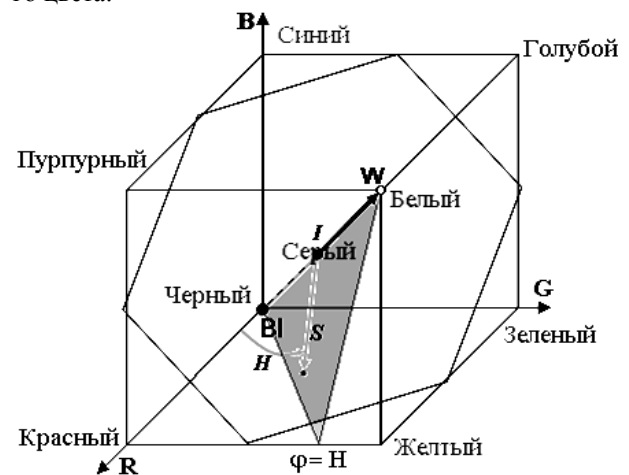


Рис. 3. Интерпретация цвета в пространстве HSI [6]

Шаг 3. Получение насыщенности. Насыщенность s определяется длиной вектора $v_0 v_1$ [6], лежащего в плоскости (2) так

$$\begin{cases} s(= \rho) = \|v_0 v_1\| = \sqrt{R_1^2 + G_1^2 + B_1^2}, \\ v_0 v_1 = (R_1 = r_1 - r_0, G_1 = g_1 - g_0, B_1 = b_1 - b_0). \end{cases} \quad (5)$$

Теперь рассмотрим вопрос о трудоемкости применения предложенных формул (1) – (5) пересчета цветовых координат.

В связи с необходимостью расчета арккосинуса и квадратных корней трудоемкость применения предложенных формул (1) – (5) будет достаточно высокой.

Однако в реальных системах технического зрения переводить цветовые координаты пикселей приходится для потока снимков.

В таких условиях целесообразно один раз рассчитать таблично заданную функцию T пересчета цветовых координат по формулам (1) – (5) и поместить эту таблицу в соответствующую библиотеку.

В таких условиях в процессе потоковой обработки снимков можно будет по цветовым координатам $[r, g, b]$ оперативно получать цветовые координаты

$$h = T_h[r, g, b],$$

$$s = T_s[r, g, b],$$

$$i = T_i[r, g, b]$$

без необходимости проведения пересчета цветовых координат с применением формул (1) – (5).

В результате применения такого подхода, можно оперативно изменять цветовую модель представления рассматриваемых изображений без искажения метрических свойств пространства HSI.

Выводы

В работе показано, что использование формул (1) – (5) для пересчета цветовых координат пикселей при переходе из пространства RGB в пространство HSI не приводит к искажению метрических свойств пространства HSI.

Это свойство является одним из важнейших свойств в отношении обеспечения адекватности и устойчивости обработки цветных изображений в современных системах технического зрения в условиях близости фотометрических характеристик объектов и фона.

При этом показано, что в реальных системах технического зрения, где переводить цветовые координаты пикселей приходится для потока снимков, целесообразно рассчитать таблично заданную функцию T пересчета цветовых координат по формулам (1) – (5), поместить эту таблицу в соответствующую библиотеку, и использовать таблицу T для оперативного получения цветовых координат (h, s, i) .

В результате применения предложенного подхода, можно оперативно изменять цветовую модель представления рассматриваемых изображений без искажения метрических свойств пространства HSI.

Список литературы

1. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ, 2006. – 752 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Sonka M. Image processing, analysis and machine vision / M. Sonka, V. Hlavak, R. Boyle. – California (USA): Cole Publishing Company, 1999. – 770 p.
4. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
5. Смеляков К. С. Модели и методы сегментации изображений объектов нерегулярного вида для автономных систем технического зрения: дис. ... докт. техн. наук: 01.05.02 / Смеляков Кирилл Сергеевич. – Х., 2012. – 306 с.
6. Смеляков К. С. Сравнительный анализ эффективности сегментации в цветовых пространствах / К. С. Смеляков // Системы управления, навигации и связи. – 2009. – Вып. 4 (12). – С. 120–122.

Поступила в редколлегию 9.08.2013

Рецензент: д-р техн. наук проф. И.В. Рубан, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ЕФЕКТИВНИЙ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ПІДХІД ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ У КОЛІРНОМУ ПРОСТОРИ HSI

К.С. Смеляков

У статті пропонується вирішення актуальної в даний час проблеми адекватного і обчислювально ефективного перерахунку кольорних координат пікселів кольорових зображень, при переході з простору RGB у простір HSI без спотворення метричних властивостей простору HSI.

Ключові слова: зображення, кольорний простір, система технічного зору, адекватність, ефективність.

EFFECTUAL NUMERICAL APPROACH TO PRESENTING IMAGES IN COLOR SPACE HSI

K.S. Smelyakov

It is proposed a method for solving an important problem consisting in adequate and time-efficient converting of colored image pixel color coordinates on transferring from space RGB to space HSI without distorting the initial metric properties in the space HSI.

Keywords: image, color space, vision system, adequacy, efficiency.