

Свердлов Сергей Залманович, профессор кафедры прикладной математики ВГПУ, кандидат технических наук.

Коррекция цветового баланса по памятным цветам

Предложен алгоритм коррекции цветового баланса цифрового изображения по «памятным» цветам, в частности, по телесным тонам.

Ключевые слова: *цифровая фотография, цветовой баланс, баланс белого, телесный тон.*

В практике цифровой фотографии часто приходится корректировать цветовой баланс снимка. Это обусловлено тем, что характер освещения при съемке или характер сцены отличались от стандартных, и цифровая фотокамера не смогла автоматически установить подходящий цветовой баланс. Потребность изменения цветового баланса может происходить и из сугубо творческих задач. В таких случаях цветовой баланс корректируют в ходе постобработки с помощью соответствующих программ — фоторедакторов и RAW-конверторов.

Обычно говорят о коррекции баланса белого (ББ). В качестве критерия «правильного» ББ¹ чаще всего принимается требование, чтобы предметы белого, серого и черного цвета выглядели на снимке как белые, серые и черные. (В дальнейшем будем говорить о сером цвете, а черный и белый можно рассматривать как частные случаи серого.) Процедура коррекции ББ часто сводится к тому, что пользователь с специальным инструментом (пипеткой) указывает точку на снимке, которая должна стать ахроматичной (серой), а программное обеспечение выполняет преобразование цветов, которое обеспечивает этот результат. При этом меняются цвета и всех остальных пикселей.

В случае если на фотографии нет серых предметов, задача коррекции баланса белого осложняется. Коррекция по ахроматичным объектам может также оказаться неприемлемой, если, например, дает неподходящий цвет кожи (телесный тон) на портрете.

Известно, что человеческое зрение чувствительно к изменению оттенков некоторых памятных цветов. К их числу в первую очередь относится цвет кожи. Также к числу памятных можно отнести цвет травы и цвет голубого неба.

Рассмотрим возможность коррекции цветового баланса на основе памятных цветов. Здесь и далее используется термин «цветовой баланс», а не «баланс белого», поскольку речь идет о таком преобразовании изображения, когда приводятся к некоторому эталону памятные цвета, а не цвета серых (белых) предметов. Вместе с тем, сами механизмы преобразования цвета в одном и другом случае могут совпадать.

Коррекция по телесным тонам

Цветовой тон кожи человека изменяется в не слишком больших пределах. Так в [1] со ссылкой на [2] приводятся данные измерений, из которых следует, что доминирующая длина волны (величина, характеризующая цветовой тон) пяти образцов цвета кожи европеоидов изменяется в пределах 587.3–590.0 нм, а шести образцов цвета кожи негроидов — в пределах 586.9–594.3 нм. Диапазон длин волн видимого света 380–700 нм. Разброс значений доминирующей длины волны по отношению к ширине этого диапазона составляет 0.84% в первом случае и 2.3% во втором. То, что цветовой тон (доминирующая длина волны) кожи европеоидов и негроидов практически совпадают, не должно удивлять. Цвета кожи этих двух рас существенно отличаются по светлоте и могут отличаться по насыщенности. Доминирующая же

длина волны в спектре отражения в обоих случаях во многом определяется присутствием в коже пигмента меланина.

К аналогичному выводу приводит изучение студийных фотопортретов, сделанных профессиональными фотографами. Измерения показывают, что цветовой тон участков кожи лица, избавленных от бликов, дефектов и пр. составляет примерно 60° в цветовой координатной системе Lch(ry) [4].

Следование рекомендациям по цветокоррекции из [3], относящимся к цвету кожи европейцев, латиноамериканцев и азиатов, дает значения цветового тона в Lch(ry) от 57.6° до 60.6° . Разброс составляет 3° . По отношению к полному диапазону цветового тона (360°) это 0.83%, что на удивление точно совпадает с приведенными выше данными о разбросе значений доминирующей длины волны.

Среднее значение цветового тона кожи можно использовать как опорное при коррекции цветового баланса. Задача коррекции может быть сформулирована так: изменить цвет пикселей изображения таким образом, чтобы цветовой тон контрольной точки на участке кожи стал равен заданному значению, например, $(57.6^\circ + 60.6^\circ)/2 = 59.1^\circ$. Естественным будет принять, что светлота и насыщенность контрольной точки не должны меняться. Предполагается, что сам способ пересчета цвета пикселей тот же, что и при настройке баланса белого по серой точке.

Алгоритм коррекции

Пусть R_1, G_1, B_1 — исходные линейные цветовые координаты участка кожи на изображении. Это могут быть данные одного пикселя или усредненные данные по некоторой окрестности выбранной точки. Требуется выполнить такое преобразование, чтобы цветовой тон этого фрагмента стал равным заданному значению h_0 (например, 59.1°), а светлота и насыщенность не изменились.

В качестве механизма преобразования выберем масштабирование RGB-координат: значения R , G и B каждой точки изображения умножаются на коэффициенты k_R , k_G и k_B соответственно. Именно такой способ коррекции баланса белого используется чаще всего. Он соответствует физическому принципу работы устройств вывода цветных изображений, когда для настройки цветопередачи меняют поканальные коэффициенты усиления.

Преобразуем исходные RGB-координаты выбранного участка кожи в координатную систему Lch(pu) [4]. Для этого вначале получим координаты L_1 , p_1 и y_1 :

$$\begin{pmatrix} L_1 \\ p_1 \\ y_1 \end{pmatrix} = M \cdot \begin{pmatrix} R_1 \\ G_1 \\ B_1 \end{pmatrix},$$

здесь M — матрица преобразования из координатной системы RGB в координатную систему Lpu [4].

Вычислим цветность:

$$c_1 = \sqrt{p_1^2 + y_1^2}$$

Цветовой тон после коррекции должен быть равен h_0 . Находим новые значения p и y :

$$\begin{aligned} p_2 &= c_1 \cos h_0 \\ y_2 &= c_1 \sin h_0 \end{aligned}$$

Выполняя обратное преобразование из Lpu в RGB, получаем новые значения RGB для выбранного участка кожи:

$$\begin{pmatrix} R_2 \\ G_2 \\ B_2 \end{pmatrix} = M^{-1} \cdot \begin{pmatrix} L_1 \\ p_2 \\ y_2 \end{pmatrix}$$

Находим коэффициенты масштабирования по осям RGB, которые дадут искомый результат:

$$k_R = \frac{R_2}{R_1}; \quad k_G = \frac{G_2}{G_1}; \quad k_B = \frac{B_2}{B_1}$$

Само преобразование изображения выполняется применением ко всем его пикселям формул:

$$R' = k_R R; \quad G' = k_G G; \quad B' = k_B B,$$

где R , G и B — исходные цветовые координаты пикселя; R' , G' и B' — преобразованные координаты.

Заключение

Рассмотренный алгоритм коррекции цветового баланса был реализован автором в предназначенной для коррекции фотографий программе **СЗС Color Wizard** и показал свою эффективность.

Тот же принцип может быть применен и для коррекции по другим памятным цветам, если соблюдается примерное постоянство их цветового тона. Так, в упомянутой программе для тона голубого неба используется значение $h_0 = 254^\circ$, а для тона травы $h_0 = 107^\circ$.

Литература

1. *Carnelli, W.A.; Defries, M.G.; and Leonard, F.*, Color Realism in the Cosmetic Glove, Artificial Limbs, Vol. 2, pp. 57 - 65, May 1955.
2. *Heer, Raymond R., Jr., and Thomas D. White*, Report on the colorimetric analysis of cosmetic glove samples, Army Medical Research Laboratory, Fort Knox, Ky, September 5, 1952.
3. *Маргулис Дэн*. Photoshop для профессионалов: классическое руководство по цветокоррекции. Четвертое издание/Пер. с англ. М.:ООО «Интерсофтмаркет», 2003.

4. *Свердлов С. З.* Ортогональная цветовая координатная система.// Настоящий сборник.

S. Z. Sverdlov

Correction of color balance on memorable colors

Color balance correction of the digital image on «memorable» colors, particular on skin tones, algorithm is proposed.

¹ Если речь идет о творческой фотографии, то говорить о единственно правильном балансе белого, конечно, не приходится.