

# 一种基于 RGB 颜色空间的色彩还原方法

郝贵青 王冰洋

(公安部第一研究所 北京 100048)

**摘要:**目前通过图像传感器采集到的图像颜色与物体本身真实的颜色存在偏差,这为人们通过图像获取相关信息带来不便。针对图像色偏问题,提出了一种色彩还原方法。该方法首先确认当前光照条件下的理想 RGB 值,然后通过迭代方法求出色彩校正矩阵集合,最后通过计算每个色彩还原矩阵的平均方差选出最优颜色校正矩阵,通过该矩阵对原始图像进行校正。结果表明,该方法能够有效的校正图像的颜色偏差,使图像传感器采集到的图像更接近物体本身颜色。

**关键词:**色偏;色彩还原;颜色校正;RGB 颜色空间

**中图分类号:** TN2    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 510.604

## Color reduction method based on the RGB color space

Hao Guiqing Wang Bingyang

(First Research Institute of the Ministry of Public Security of P. R. C., Beijing 100048, China)

**Abstract:** Currently, there is color deviation between the image color collected by the image sensor and the real color of the object itself. This makes people to get information through the image inconvenience. Aiming at the problem of image color shift, a color restoration method is proposed. This method first confirms the ideal RGB value under the current illumination condition, then obtains the set of color correction matrix by the iterative method, and finally selects the optimal color correction matrix by calculating the average variance of each color reproduction matrix, and the original image is processed by the optimal correction matrix. The results show that the method can effectively correct the image color deviation, so that the image sensor to collect the image closer to the object itself color.

**Keywords:** color cast; color reproduction; color correction; RGB color space

### 1 引言

目前,随着多媒体技术的发展和互联网技术的普及,人们可以通过更多的方式获取以视频为主的多媒体信息。视频成为人们接触了解世界的主要途径之一。在一些特定领域,比如安防领域,对视频质量的要求比较高,除了视频清晰度外,对视频颜色的逼真度也有较高要求<sup>[1]</sup>。目前主流的图像传感器主要是 CCD 和 CMOS 两类,CMOS 的使用率越来越高。由于图像传感器本身的元器件特性以及采集图像时外部光源等的影响,使得采集到的图像颜色与物体本身颜色出现偏差。为了校正颜色偏差,使图像更接近物体本来颜色需要色彩还原技术。目前色彩还原方法基本分为两类:基于目标值映射的方法和基于光谱响应的方法。基于光谱响应的方法由于需要专业测光设备,校正过程复杂很难集成到图像传感器硬件中,而基于目标值

映射的方法相对简单,在图像传感器中得到了广泛应用。基于目标值的映射方法主要有参考白点算法、颜色查找表算法等,由于选取的参考点过于简单,因此校正精度不高。本文提出的色彩还原方法就是基于目标值映射的方法中的一种,通过选取多个参考值,计算出最优色彩还原矩阵对图像颜色进行校正。

### 2 RGB 颜色空间

RGB 颜色空间是指对色光 3 个颜色通道的变化以及相互叠加来描述物体颜色特征的一个颜色空间也成为色域<sup>[2]</sup>。RGB 颜色空间广泛应用于计算机系中,比如图形图像的颜色表示,图形处理软件中的颜色提取等。目前绝大多数的显示器、数码相机、打印机等都是采用的 RGB 颜色空间。RGB 是从颜色发光的原理来设定的模式,R 表示红色光,G 表示绿色光,B 表示蓝色光,当 3 种色光相互

叠加时形成了其他的色彩。每一个色光都有 256 阶亮度，在 0 时最弱，255 时最亮，所以 3 种色光相互叠加就形成了约 1 678 万种色彩，也称为 24 位色，通过它们可以表示出人类视力所能感知的所有颜色，足以再现丰富多彩的世界。由于通过图像传感器获得的图片大部分都是用 RGB 颜色空间表示的，因此本文采用的色彩还原方法就是在 RGB 颜色空间中进行的<sup>[3]</sup>。

### 3 白平衡调整

白平衡，字面上理解就是白色的平衡，即在显示白色时，红绿蓝 3 种色光的亮度相等。白平衡调整是指通过调整 3 种色光的亮度信号，使成像时白色中 3 种色光比例相同。摄像机的白平衡调整是指在摄像机拍摄白色的物体时，通过调整图像传感器内部相关的参数，使红、绿、蓝 3 路输出的 3 基色电压幅度相同，从而产生 3 种亮度相同的色光。摄像机的白平衡调整是现代摄像机中必不可少的一项技术<sup>[4-5]</sup>。白平衡调整有两种方式：自动调整和手动调整。自动白平衡调整就是摄像机内部的白平衡调整电路会根据摄像机拍摄时光源的色温和亮度等信息，自动的把摄像机调整到白平衡状态，这是一个动态的过程。

由于自动白平衡会根据环境变化自动的对红、绿、蓝 3 路信号进行调整，对色彩校正造成不便，因此本文提出的色彩还原方法要求关闭自动白平衡功能，以提高色/彩还原的效果。

### 4 色彩还原方法

色彩还原的目的就是把采集到的图像的  $R, G, B$  值，校正到理想的  $R', G', B'$  值，使图像更接近物体本来颜色<sup>[6-7]</sup>。颜色校正如式(1)所示：

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = C * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中：矩阵  $C$  即为色彩还原矩阵，本文提出的色彩还原方法即为求解最优色彩还原矩阵  $C$  的过程。

#### 1) 确定理想的 $R', G', B'$ 值

光是成像的最基本的条件，不同时间的日光、白炽灯等各种光源又是千差万别的，它们的色温、亮度都有很大的差别，这样拍摄出来的图像也具有不同的主色调。不同的色温直接决定了光源具有不同的光谱分布，从而将影响到照明物体的反射光谱，但是成像设备不具有颜色恒常性，因此即使同一个物体在不同的光源下，拍摄所得的图像也差别很大<sup>[8]</sup>。当照度非常大或非常小时，物体的亮度、颜色饱和度等都会受到不同程度的影响<sup>[9]</sup>。只有在照度合适时，才能准确的传达出物体的亮度和色调以及颜色的饱和度，才能真实客观的再现色彩信息<sup>[10]</sup>。

理论上  $R, G, B$  3 个分量的最大值是 255，即白色的  $R, G, B$  3 个分量的值为 255, 255, 255，但是实际光照环境

中，图像传感器成像后白色的值达不到理想值，一般在 220 左右。由于光照条件对传感器采集到的图像的  $R, G, B$  值影响很大，因此在尽量理想的光照条件下，确定理想的  $R', G', B'$  的值<sup>[11-12]</sup>。在给定条件下采集一幅彩条测试卡图像，如图 1 所示，在白色条带中，随机选取一个区域，求出该区域中像素点的  $R, G, B$  3 个分量的均值  $\bar{R}, \bar{G}, \bar{B}$ ，把其中的最大值作为当前光照条件下理想的  $R', G', B'$ ，即  $R' = G' = B' = \max(\bar{R}, \bar{G}, \bar{B})$ 。这样就确定了在当前光照条件下彩条测试卡中每个色带理想的  $R, G, B$  值，从左至右分别为： $(R', G', B')$ ,  $(R', G', 0)$ ,  $(0, G', B')$ ,  $(0, G', 0)$ ,  $(R', 0, B')$ ,  $(R', 0, 0)$ ,  $(0, 0, B')$ 。

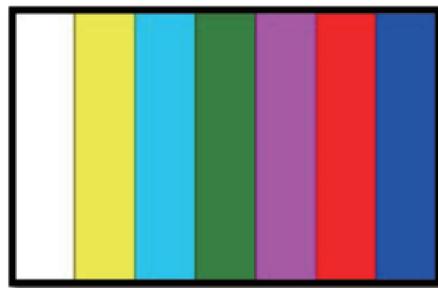


图 1 彩条测试卡

#### 2) 计算色彩还原矩阵 $C$

最简单的计算方法就是把矩阵  $C$  中的每个值作为未知数，根据式(1)，可以列出方程组，在采集到的图像中，随机选取多个像素点的  $RGB$  值代入方程组，可以求解出一个矩阵  $C$ 。但是由于选取的像素点的不同，求解出的矩阵  $C$  可能不同。可以把其他像素点的  $RGB$  值，代入式(1)，求出  $R'', G'', B''$ ，计算方差：

$$VR'G'B' = \sqrt{(R' - R'')^2 + (G' - G'')^2 + (B' - B'')^2} \quad (2)$$

选取多个像素点，求出每个点的方差  $\Delta R'G'B'$ ，然后计算平均方差：

$$VRGB = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n VR'G'B'_i \quad (3)$$

比较通过不同的矩阵  $C$  计算后得到的平均方差  $VRGB$ ，选出  $VRGB$  最小的矩阵  $C$  最为最优色彩还原矩阵  $C$ 。这种方法由于选取的像素点的不同会算出不同的色彩还原矩阵，对校正的效果产生不同的影响。由于选取的计算点的不同，解出的矩阵差异也比较大，不具备均匀性，并且求出的矩阵范围比较有限，很难找到一个真实的最优解，校正效果不理想<sup>[13]</sup>。

由于传感器自身造成的色差并不是很大，因此，色彩还原矩阵应该接近单位矩阵，其中各个元素的值应该保持在 1.0 或者 0.0 附近。在这种情况下，可以采用迭代的方法，产生一个色彩还原矩阵集合  $S_c$ 。如  $a_{11} = 1.0 + 0.02x$ ,  $a_{12} = 0.0 + 0.02x$ ,  $a_{13} = 0.0 + 0.02x$  其中  $x = 0, 1, 2, \dots, 24, 25$ 。这样对于向量  $V_R = (a_{11}, a_{12}, a_{13})$  就有  $26^3$  种取值

可能,同理,可以迭代求出  $V_G = (a_{21}, a_{22}, a_{23}), V_B = (a_{31}, a_{32}, a_{33})$ 。对于  $V_R, V_G, V_B$  的任意一种取值都可以组合成一个色彩还原矩阵  $C'$ ,所有组合出来的矩阵构成色彩还原矩阵集合  $S_c$ 。对于任意的  $C'$ 属于  $S_c$ ,在彩条测试卡的每一个色带中分别选取一块区域,求出该区域的平均 RGB 值,然后把 RGB 值和  $C'$ 代入公式一,计算出  $R'', G'', B''$  值,求出方差:

$$VR'G'B' = \sqrt{(R' - R'')^2 + (G' - G'')^2 + (B' - B'')^2}$$

然后根据计算出的所有色的  $VR'G'B'$ ,计算出对于  $C'$ 的平均方差  $VRGB$ 。对于任意的  $C'$ 属于  $S_c$  计算出的  $VRGB$ ,选取  $VRGB$  最小的矩阵作为所要求解的最优色彩还原矩阵  $C$ 。由于迭代方法是固定的,因此通过迭代获得色彩还原矩阵集合  $S_c$  是固定的,从而保证了解空间的稳定性,可以把  $S_c$  存储起来简化后续设备的色彩还原过程。并且通过迭代获得的  $S_c$  比通过解方程求出的色彩还原矩阵集合更全面更均匀。因此,通过迭代得到的色彩还原矩阵  $C$  比解方程得到的矩阵的色彩还原效果更理想,更稳定。

## 5 色彩还原实验与效果分析

选择一款网络摄像机 A 作为实验设备,采用色温为 3 100 K 的灯箱作为光源,通过上述方法对摄像机 A 进行色彩还原。为了检测色彩还原的效果,使用 ImageTest 软件工具对图像进行检测。用摄像机 A 采集矫正前后的 24 色块卡图像各一张,如图 2 所示。



图 2 24 色块卡

给 24 色块卡中的每个方格进行编号,如图 2 所示,按照从左到右从上到下的顺序分别为 1, 2... 24 号,以便于以后分析色彩还原效果。通过 ImageTest 工具对采集到的图像进行分析,分析结果如图 3、图 4 所示:

图中方块旁边的数字对应于 24 色块图中每个色块的编号,方块位置表示该颜色的理想值,与方块相连的圆圈位置表示实际采集到的图像对应颜色的测量值,连线越长表示颜色偏差越大。图中右上角的计算结果中,  $VC \times ab, VE \times ab$  表示色彩还原度误差,一般而言值越小表示越接近真实颜色。通过比较图 3 与图 4,可以发现,矫正后采集到的图像中各个色块的颜色偏差比矫正前有较明显的

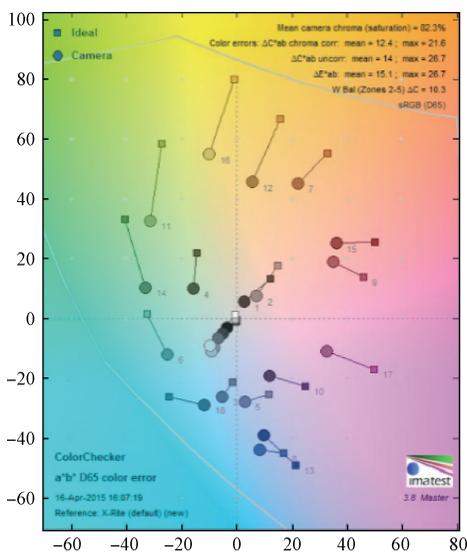


图 3 矫正前图像分析结果

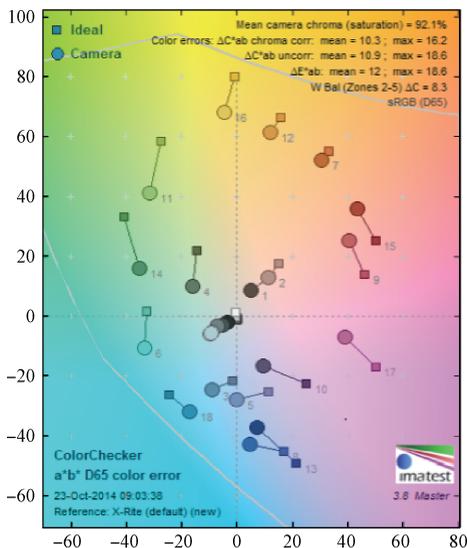


图 4 矫正后图像分析结果

改善,并且根据  $VC \times ab, VE \times ab$  的值可知,矫正后的图像更接近真实颜色。

## 6 结论

实验结果表明:该方法能够有效的对传感器采集到的图像进行色彩矫正,减小图像色偏,使图像的颜色更接近物体本身的颜色。与传统的基于目标值映射的方法相比,该方法选取多个参考点进行矫正,从而取得了更好的矫正效果。通过迭代得到的解空间比传统的解方程方法更全面,更具有稳定性。由于该方法是通过色彩还原矩阵对图像颜色进行矫正,因此该方法只适用于支持色彩矫正矩阵的图像传感器设备。

(下转第 41 页)