

一种基于图像分割的几何变换映射色盲矫正方法

丛炆

(威海市职业中等专业学校, 山东威海, 264200)

摘要:针对基于几何变换映射的色盲矫正方法进行色盲矫正时出现的映射计算量过高的问题,一种新型的几何变换映射色盲矫正方法被提出,这种矫正方法是基于图像分割原理的。首先研究了色盲图像的仿真方法,然后结合 K-means 和系统聚类算法对原始图像进行分割并计算各个区域在色盲图像下 LAB 颜色空间中的欧氏距离作为颜色相似性的度量,确定红绿色盲难以分辨的颜色区域。在这个区域内进行颜色映射区域的划分,这个划分主要包括根据领域内的颜色比例对空间内的几何平面进行相应变换,通过此类变换生成有利于色盲患者分辨的图案等步骤。

关键词:色盲;图像处理;几何变换映射;图像分割

A color blindness correction method based on geometric transformation mapping

Cong Yang

(Weihai vocational secondary specialized school, Weihai Shandong, 264200)

Abstract: Aiming at the problem that the color blindness correction method is too high when the color blind correction method based on geometric transformation mapping is used, a color correction method based on image segmentation is proposed. Firstly, the simulation method of color blind image is studied, and then the original image is segmented by K-means and system clustering algorithm. The Euclidean distance in LAB color space of each region is determined as the measure of color similarity. Distinguish the color area. Then, the images in the color region are transformed according to the color ratio in the field, and then the different color mapping regions are divided into different color mapping regions. Finally, the color images are generated by color transformation. The surface of the experiment can improve the resolution of colorless patients with difficult to distinguish the color, and have a faster calculation speed.

Keywords: Color blindness; Image Processing; Geometric transformation mapping; Image segmentation

DOI:10.16520/j.cnki.1000-8519.2017.15.020

0 引言

色盲和色弱是常见疾病,同时也是遗传病,造成色盲或者色弱的原因主要是视网膜锥细胞的变异或者是缺失,在缺失视网膜锥细胞的情况下,患者对于自然光谱中的某些颜色就失去了应有的辨别能力,从而形成了色盲或者色弱。在色盲模型方面研究人员根据三种锥细胞的视觉原理提出了视觉的三通道模型以及对色盲患者视觉进行研究的模型^[1-2]。这些模型都是从视觉的三通道入手建立的具有一定的相通性。现阶段利用这些模型研究色盲、色弱治疗或矫正的方法如文献^[3-5]。其中图像处理有它特殊的方法就是对图像的色彩进行一定的变换,然后将变换过的图像给色盲患者观察,这种色盲见证方法是非常有价值的,因为对图像的色彩所做的变换是按照一定规律,而且不会相应图像的色彩构成的,因此在操作上具有可行性与安全性。本文提出了一种基于图像几何变换映射的色盲矫正方法,这种方法不仅有着相当快的计算速度,而且对改善色盲患者的色彩分辨能力是非常有帮助的。

1 色盲图像仿真

人眼的视网膜上有三种锥体感光细胞分别为 L、M、S 锥细胞,它们构成了人眼观察颜色的 LMS 空间模型。对于一幅图像视觉系统将每个像素颜色的 R、G、B 值转变成三种锥细胞的吸收信号。

$$\begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = U \times \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_R & L_G & L_B \\ M_R & M_G & M_B \\ S_R & S_G & S_B \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

得到 LMS 空间的信息后接下来对 L、M、S 三路信号乘以一个变换矩阵 T 可以模拟人眼视觉的不同情况。

$$\begin{bmatrix} L_p \\ M_p \\ S_p \end{bmatrix} = T \times \begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_L & L_M & L_S \\ M_L & M_M & M_S \\ S_L & S_M & S_S \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} \quad (2)$$

对其进行逆变换转换到 RGB 空间可以得到色盲的感知仿真模型,其中红二色盲、绿二色盲与蓝二色盲都具有相似的感知仿真模型。

在前文已经提到过,是锥细胞的缺失造成了二色盲的现象,在 LMS 空间内,二色盲的锥细胞缺失主要表现为一种信号的变化和另外两种信号的保持不变。因此红、绿、蓝三种二色盲就相当于把 RGB 空间的色分别沿着 L、M、S 三个方向投射在不同的平面上。色盲患者之所会出现对色彩的混淆,是由于部分颜色投影位置是相同的,这就导致了色盲患者在对颜色进行分辨时的问题。

图 1 的色彩方针流程图所反映的就是色盲患者的色彩辨认流程,这个流程也可以帮助正常人获得色盲患者的色彩辨认体验。

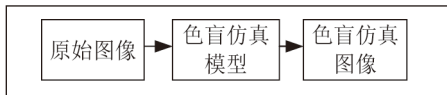


图1 色盲仿真流程图

2 改进的色盲矫正方法

2.1 结合 K-means 和系统聚类算法对原图像进行分割

要实现色盲空间图像的局部矫正,需要经过一个复杂的过程,首先要对色盲图像进行一个系统的归类,也就是专业术语中的聚类,接下来对聚类完毕的色盲图像的区域进行深入的分析,通过分析找到需要矫正的色盲图像。在本次研究中,对于色盲图像最后的分类数目是不确定的,因此本次研究所采用的是 K-means 算法,用这种算法对色盲图像进行分类,类目分成足够多的数量以后,接下来用系统聚类的方式将其合并,这样就可以得到 n 个聚类中心。

(1) K-means 算法是由传统算法演变出来的,传统的算法会将每一个样本到聚类中心的距离都算出来,这样的方式不仅繁琐麻烦,而且对于最后的计算结构来说也是没有多少价值的。因为色盲图像的说有数据中存在大量的雷同,因此没有必要再进行试验的过程中计算每一个样本点到聚类中心的距离。

设样本集 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ $12\{\dots\}$, x_i 所代表的是色盲图像中某一个像素点的值。在此基础之上对色盲图像中所有相同的像素样本进行详尽的统计,从而得到新的样本集 $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ 和其对应的频数 $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ 。

该算法的目标误差函数即可表示为式 (3):

$$\min J(U, C) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m (u_{ij} f_j y_j - c_i)^2 \quad (3)$$

其中 $U = [u_{ij}]_{c \times m}$ 表示的概念就是聚类划分矩阵。

这个时候可以利用传统的 K-means 算法,在更新聚类中心时用式 (4) 进行代替。

$$c_i^{(l)} = \frac{\sum_{j=1}^m ((u_{ij}^{(l)}) f_j y_j)}{\sum_{j=1}^m f_j u_{ij}^{(l)}} \quad (4)$$

在此次研究中主要采用的是 Lab 颜色空间的分量 a 和 b,主要目的是在进行色盲图像实验时降低光照对实验的影响,与此同时保留每一种颜色自身的特征,因此把分量 a 和 b 作为色盲图像的分割特征。即样本 $x_i = \{a_i, b_i\}$ 其中 a_i, b_i 表示像素 a_i 分量和 b_i 分量的值。表 1 是使用两周算法对大小不同的图像书里的时间,两种方法分别是传统的 K-means 算法和加权 K-means 算法。

表1 不同 K-means 处理时间对比

编号	图片大小	K-means 处理时间	加权 K-means 处理时间
1	200*150	0.1865	0.1514
2	480*233	0.3786	0.4037
3	543*358	0.9589	0.7731
4	1024*680	2.0029	1.5408
5	1024*768	4.7606	2.9303

以上的实验以及相关的实验数据表明在其他条件相同的情况下,与传统的算法相比,加权 K-means 聚类算法在对色盲图像进行分割时工作效率更快。

(2) 系统聚类算法 (HierarchicalCluster)。系统聚类算法与前一种方法的差别较大,这种方法的原理是要将每一个样本都看作是独立的存在,然后以度量距离作为主要依据对其进行聚类划分。具体实现步骤介绍如下:

Step1: 给定收敛阈值 $\varepsilon > 0$, 在这个前提之下,输入 K-means 得到的 n 个聚类中心,并将其作为系统聚类的初始重心;

Step2: 计算欧氏距离并且找出最小距离 m , 这里所说的欧氏距离指的是不同的初始中心两两之间的欧氏距离。若 $m < \varepsilon$ 转向 Step3 否则算法停止。

Step3: 找出欧氏距离中的最小值 m 对应的两个类别 G_i 和 G_j , 并将这两个类别合并为新类别,接下来根据公式 (5) 计算新的重心。

$$x_r = \frac{1}{n_r} (n_p \times x_p + n_q \times x_q) \quad (5)$$

其中 $x_i, \{i = p, q, r\}$ 表示 i 类的重心 n_p, n_q, n_r 是各类对应的样本其中 $n_r = n_p + n_q$ 。

(3) 图像分割效果图。在正常的自然涂的基础之上进行图像分割,会得到图 3 和图 4。



图2 自然图像原图

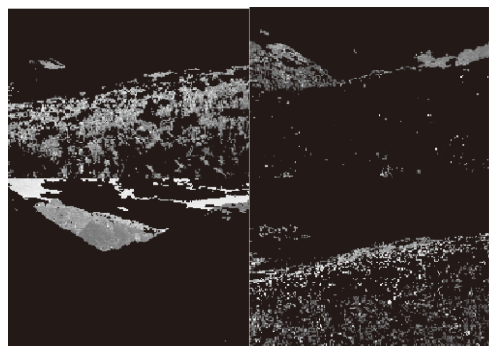


图3 K-means 聚类分割结果

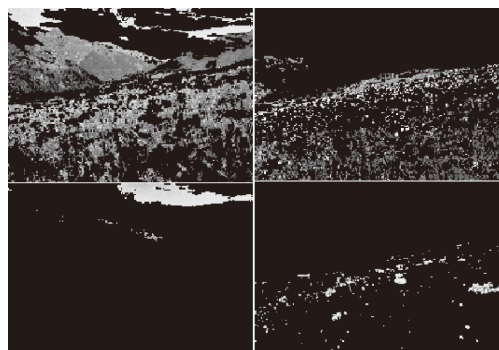


图4 系统聚类后结果

图4所显示的系统聚类结果中,有些目标颜色十分相近但却被分到了不同的类别,比如绿色的山丘和绿色的草地,这主要是由于图4中的聚类数目较大。图5所示系统聚类在合并相近区域的前提下保证了各个被分割区域都具有足够大的差异。

2.2 几何变换映射色盲矫正方法

这种色盲矫正方法有一个前提就是首先要确定色盲难以分辨的颜色区域,在区域确定以后才能进行几何变换映射色盲矫正。其实色盲归根结底就是对颜色没有正确或者准确的分辨率,这个也是矫正色盲的关键所在。一般情况下,图像中的颜色分布虽然有一定的规律,但并不是完全等概率的,在颜色面两侧的分分布差异也是非常大的,反而在颜色面同一侧的差距较小。通过一系列的相关实验,可以得出的结论就是,颜色面的划分能够帮助色盲患者增强对颜色的辨别与区分能力。当颜色投影到相同的位置,这时即使处于平面内两侧的不同颜色,也会被认为是相同的两种颜色。这一问题的解决有赖于测试图像在颜色面两侧的分分布统计,在统计的基础上按照颜色分布进行几何变换与划分,通过这些步骤最终获得矫正的图像。

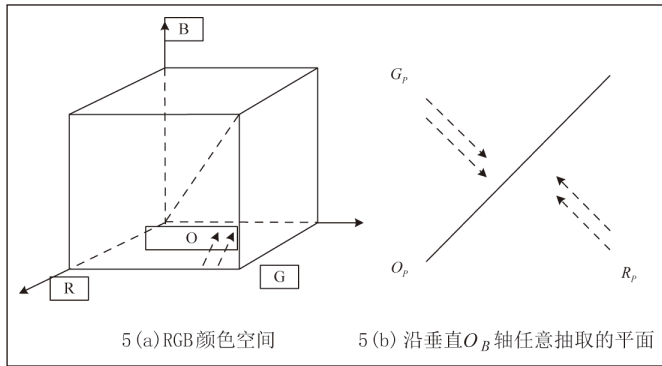


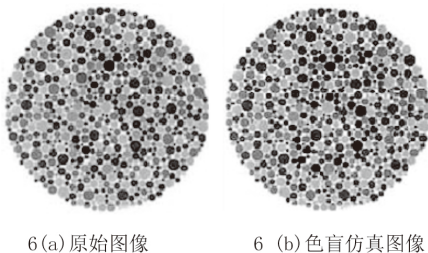
图5 RGB颜色空间平面抽取示意图

如图5所示 θ 为红二色盲的投射方向与 $O_p R_p$ 轴的夹角称为投射角其中 $\theta = \arctan(-0.14/0.86)$ 约为 171° 。我们得到分布在 $R_p = G_p$ 直线两侧颜色数的比例后可以根据投射方向和平面两侧的交点 A_1 、 A_2 划分出相应的映射区域。

3 实验结果分析

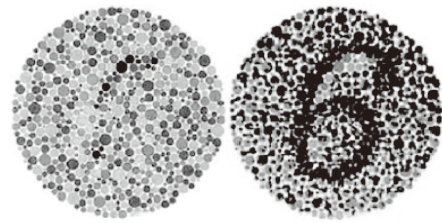
3.1 图像测试

对于红色盲与绿色盲这两种色盲现象,分别选用10张红绿色盲测试图以及10张自然图像,这里的自然图像必须是把红和绿两种颜色作为主色调的。接下来对色盲测试图以及自然图像进行色盲仿真和色盲矫正,从而得出测试结果,然后把所得出的测试结果与针基于H分量旋转120度以及基于图像几何变换映射的矫正方法得到的图像进行对比。



6(a) 原始图像

6(b) 色盲仿真图像



6(c) 旋转H分量

6(d) 几何映射

图6 测试结果

图6(a)为色盲测试原始图像。图6(b)为红二色盲的仿真图像。从以上的图像对比以及实验可以看到红二色盲对图7中的数字“6”识别度较低,在针对色盲患者识别图像方面虽然取得了一定的效果,但是在进行实验的过程中都在一定程度上改变了真实的色彩。

3.2 算法速度测试

更进一步地为了实时处理的需要我们比较了几种算法的速度。实验中选取了10幅红绿色盲测试图像、10幅以红绿为主色调的自然图像作为红二色盲矫正的素材十次取平均得到表格1中两幅图像分别用3种方法处理的时间数据。

表2 几种算法对两种图像的处理速度比较(秒)

	自适应映射方法 I ^[6]	自适应方法 II ^[7]	本文方法
测试图像	0.408	0.551	0.201
自然图像	0.435	0.633	0.244

可见本文方法相比自适应映射方法 I 速度有很大的提高相比自适应映射方法 II 也有所改善。

4 总结

本文在掌握了色盲原理的基础之上,提出了一种新型的色盲矫正方法,就是基于图像分割的提几何变换映射色盲矫正方法,首先使用图割方法对局部图像预处理,再对分割出的局部区域进行色盲矫正。

参考文献

- [1] Birch J. Worldwide prevalence of red-green color deficiency [J]. Journal of the Optical Society of America, 2012, 29(3): 313-320.
- [2] Martiana E, Rosyid N, Asgusetia U. Document search engine based on automatic clustering [J]. Telamnika, 2010, 8(1): 41-48.
- [3] 王恩, 马煜, 汪源源. 基于图像几何变换映射的色盲矫正方法 [J]. 生物医学工程学进展, 2011, 32(2): 63-67.
- [4] 毛韶阳, 林肯立. 优化 K-means 初始聚类中心研究 [J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(22): 179-181.
- [5] 张靖, 段富. 优化初始聚类中心的改进 K-means 算法 [J]. 计算机工程与设计, 2013, 34(5): 1691-1694.
- [6] Suetake N, Tanaka G, Hashii H, Uchino E. Simple lightness modification for color vision impaired based on Craik-O' Brien effect [J]. Journal of the Franklin Institute, 2012, 349(6): 2093-2017.
- [7] Di S, Jin J, Tang G, Chen X, Du R. The fabrication of a multi-spectral lens array and its application in assisting color blindness [J]. International Journal of Optomechatronics, 2016, 10(1): 14-23.