

交互式彩色图像分色换色算法及实现

张建海, 张森林

(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要 针对当前彩色印花花样分色技术中存在的问题,提出了一种省时且操作简单的分色换色算法。算法中多种色彩空间的配合应用特别是均匀色彩空间的应用,极大地减少了可能引起的图像失真。并可以在尽量少人工参与的情况下得到清晰的色彩区域和满意的换色效果。实验结果表明此算法简单实用。

关键词 分色; 换色; 颜色量化; 色彩空间; 彩色图像

中图分类号: TS 194.1 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005)02-0108-03

Interactive color separation and replacement for color image

ZHANG Jian-hai, ZHANG Sen-lin

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China)

Abstract Design an easy and time-saving algorithm to solve the problems in color separation and replacement for color image. The application of multiple color space, especially the uniform color space, greatly reduced the possible distortion in color separation. With the least interaction, it receives clear color zone and satisfactory color replacement effect. The results show this algorithm is practical and effective.

Key words color separation; color replacement; color quantization; color space; color image

印花花样设计是一项专业要求很高的工作,一个新花样的完成需花费设计者大量的时间和精力。而且,对设计好的花样进行修改也需要巨大的工作量,特别是对于颜色数量多或者有云纹的复杂花样很难准确分色得到清晰的色彩区域。另外,如果花样是通过扫描得到的,由于扫描仪的理想透光率和实际透光率之间的误差以及图像的边缘效应会引起扫描颜色的失真和畸变,如将一幅 8 色的花样通过扫描仪输入到计算机中,得到的真彩图像中会出现成千上万种不同的色彩,虽然人的肉眼分辨不出其中细微的差别,但为准确对花样进行分色带来了很大的困难。文献[1~3]正是由于没有考虑到此误差的影响,所以实际效果并不理想。

目前对花样的分色换色主要有 2 种方法,一种是全自动分色换色,如文献[2,3]提出的聚类量化算法,对给定花样用聚类的方法将彩色图像量化为仅有几种颜色,并用这几种颜色对图像进行重建,然后对这几种颜色进行换色。这种方法对于包含颜色少并且色彩比较纯的花样效果比较好。但是对于前面所说的有云纹的花样或者通过扫描仪输入的复杂花样,由于颜色数量多(有的扫描图样甚至一种颜色只

有几个像素点),这时用文献[2,3]的算法不仅收敛速度极慢,并且会引起图像的失真,实用性不强。虽然有很多改进的算法如文献[4,5],但是在实际应用中还是难以得到满意的效果。另一种方法是先描出需换色色彩的每个色块或花形的边界,进行人工分色换色,这也是当前应用最广泛的方法,见文献[6,7]。这种方法可以得到各色块或花形的清晰区域,但是操作过于繁琐,需要消耗大量的人力,延长了花样设计时间。本文结合上述 2 种方法提出了一种新的分色换色方法,可以在很少的人工参与下得到清晰的色彩区域,并完成色彩的替换。

1 色彩模型的选取

本文中主要用到了 RGB, CIE $L^* a^* b^*$ 和 HSB 色彩模型,不同的操作根据这 3 种色彩模型的特点选择合适的模型,以达到最好的处理效果。

RGB 色彩模型是电脑设计中最直接的色彩表示方法,适合在电脑上进行图像的显示。但是 R 、 G 、 B 数值和色彩的三属性没有直接的联系,不能揭示色彩之间的关系。所以在进行色彩替换时,RGB 模型就不是那么合适了。

HSB 用色彩的三属性来描述颜色,理解起来非常容易,色彩分类简单自然,并且通过改变 HSB 值获得的效果非常清晰而且可预见。由于 HSB 模型能直接体现色彩之间的关系,所以非常适合于色彩设计。本文在花样的替换色中就是采用了这个色彩模型。

以上二种色彩模型都有一个比较大的问题,就是其色彩空间都是非均匀的,色彩的空间距离与色彩的理解距离毫不相干。以 RGB 为例,R、G、B 改变相同的色差,所引起的颜色变化程度对人眼来说是不一样的。因此用 RGB 色彩空间来描述颜色的变化是不合理的,HSB 色彩模型同样存在这个问题。

CIE $L^* a^* b^*$ 是一种均匀色彩空间,它建立在人对色彩感觉的基础上。如果 L^*, a^*, b^* 变化到 L_1^*, a_1^*, b_1^* 和 L_2^*, a_2^*, b_2^* ,只要使色差为

$$E_1 = (L^* - L_1^*)^2 + (a^* - a_1^*)^2 + (b^* - b_1^*)^2 \quad (1)$$

$$E_2 = (L^* - L_2^*)^2 + (a^* - a_2^*)^2 + (b^* - b_2^*)^2 \quad (2)$$

且满足 $E_1 = E_2$,那么这 2 种颜色的变化程度对人眼来说就是相近的,适合用来描述颜色的变化。但它并不适用于图像处理,难以理解,当 L^*, a^*, b^* 值改变时,其变化结果是很难甚至是无法预测的,计算起来也过于复杂。

在分色换色过程中需要 RGB 和 CIE $L^* a^* b^*$ 以及 RGB 和 HSB 色彩空间的互相转换,具体转换公式可参见文献[8]。

2 分换色算法

本文的分换色算法包括三个步骤:初步选定色彩区域,除去污点得到清晰区域,完成换色。

2.1 得到色彩区域

步骤一:设定允许色差 Error;步骤二:在花样上手工选出换色区域种子色 C_k ;步骤三:计算机根据给定允许色差和选出的种子色自动找出色彩区域。具体算法是:对于给定的 $n \times m$ 的 24 位 BMP 花样图像,扫描整幅图像,将图像中每一个像素 P_{ij} 的颜色值从 RGB 颜色空间转换到 CIE1976 $L^* a^* b^*$ 均匀颜色空间中,然后根据式(1)得出像素 P_{ij} 的颜色与每一个种子色 $C_d (d=1, 2, \dots, k)$ 在均匀颜色空间的色差,只要有一个色差值小于给定允许色差值,则此像素属于所寻找的色彩区域;步骤四:查看得到的区域。如果不满足要求则重复步骤二、三或调节允许色差大小,直到得到满意的色彩区域。

2.2 除去污点得到清晰区域

根据 2.1 的方法得到的区域不可避免地会存在不希望的污点,即在选定的区域内存在若干不连续的且不属于色彩区域的像素点,这些污点的存在会严重影响分换色的效果,但是这些污点较少又不适合通过增加允许色差或增加种子色的方法来消除。为了解决这个问题,本算法提供了橡皮擦功能以清除区域内的污点,以便可以得到清晰的区域。其原理是:把橡皮擦区域内的污点通过特定的转换,在保证对原图效果影响最小的情况下将污点区域也收入色彩区域。转换过程如下:

步骤一:扫描橡皮擦区域直到发现第一个不属于换色区域的像素点(污点) P_{ij} ;

步骤二:将像素 P_{ij} 颜色值从 RGB 颜色空间转换到 CIE1976 $L^* a^* b^*$ 均匀颜色空间中得到 $C_p (L_p, a_p, b_p)$,然后计算 $C_p (L_p, a_p, b_p)$ 与每一个种子色 $C_d (d=1, \dots, k)$ 在均匀颜色空间中的色差,找到与污点颜色具有最小色差的相应种子色 $C_i (L_i, a_i, b_i)$ 。现在需要找到一个属于色彩区域且与污点像素颜色最为接近的颜色值 $C_r (L_r, a_r, b_r)$ 。在 CIE1976 $L^* a^* b^*$ 三维颜色空间中,以 $C_i (L_i, a_i, b_i)$ 为球心,以允许色差 Error 为半径 R ,做一个封闭球面。根据步骤一可知球面及球面包围的颜色值都属于所寻色彩范围。连接 $C_i (L_i, a_i, b_i)$ 与 $C_p (L_p, a_p, b_p)$ 的直线与球面的离点 $C_p (L_p, a_p, b_p)$ 较近的交点即为所求的 $C_r (L_r, a_r, b_r)$;

步骤三:如果换色区域中还存在污点则重复步骤一和步骤二,直到得到一个满意的清晰区域。

图 1 中 C_p 为需要转换的污点, C_i 为与 C_p 色差最小的种子点, C_r 即为转换后的 C_p 。

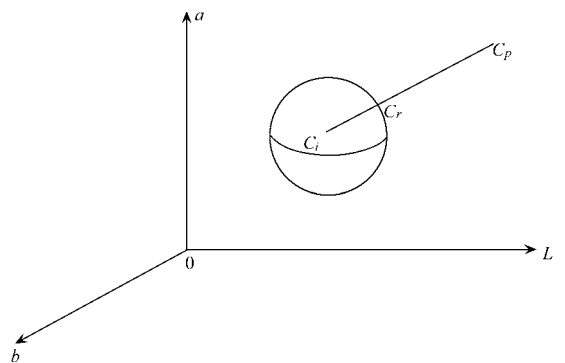


图 1 用 C_r 代替污点 C_p

2.3 区域换色

对色彩区域进行颜色替换可以得到希望的花样。根据 2.2 中的分析,在换色时采用 HSB 色彩空间。通过改变换色区域内像素点颜色值的 H、S、B

值就可以得到所需要的相应换色效果。有 2 种模式可以选择,一种是通过增减区域内所有像素点的 H 、 S 、 B 值来改变相应区域的颜色,这种方式也适合对整幅图像进行色调、饱和度以及亮度的调整从而改变整幅图像的视觉效果;另一种是用指定的 H 值替换换色区域内所有像素点的 H 值,然后通过增减这些点颜色值的 S 、 B 值来改变相应区域的颜色,这种方式还可以完成色彩的合并操作。当然也可以通过从色卡中选择需要的颜色进行替换。

2.4 算法效果

分换色过程效果图见图 2,换色效果图见图 3。

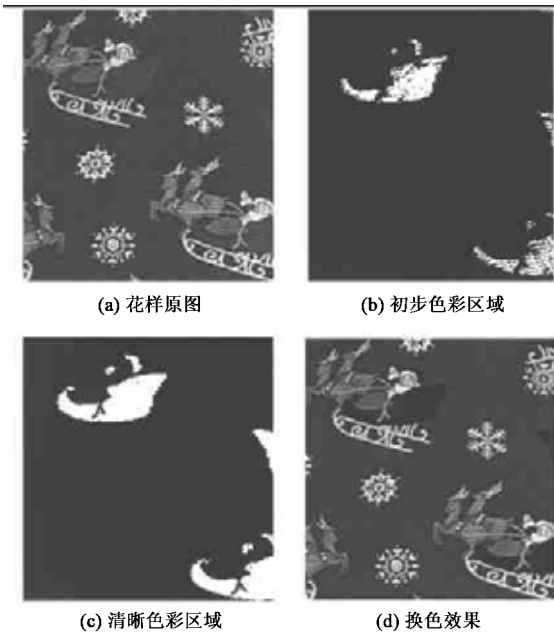


图 2 分换色过程效果图

3 结束语

根据当前印花花样分色换色技术中存在的问题,提出了一种操作简单的交互式分换色算法,在尽量少的人工参与下主要由计算机自动完成分换色

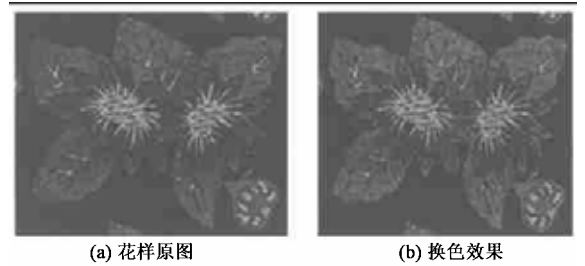


图 3 换色效果图

过程。利用本算法可以得到清晰的色彩区域,并且由于在算法中采用了 $CIE L^* a^* b^*$ 均匀颜色空间,最大限度地减小了分色过程中引起的图像失真。实践证明,本算法可以较好地复杂图形进行分换色,并能得到满意的分换色效果,有良好的应用前景,已成功应用到了领带花样换色系统中。

参考文献:

- [1] Xiang Zhigang, Greory Joy. Color image quantization by agglomerative clustering[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 1994, 14 (3) : 44 - 48 .
- [2] 任智斌,隋永新,杨英慧.在均匀颜色空间中实现彩色图像的颜色量化[J].光学精密工程,2002,10(4) :340 - 345 .
- [3] 赵燕伟,王万良.基于聚类分析的色彩量化新算法及应用[J].计算机辅助设计与图形学报,2000,12(5) :340 - 343 .
- [4] Michael T Orchard, Charels A Bouman. Color quantization of images [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 1991, 39(12) : 2677 - 2690 .
- [5] Gentile R, Allebach J, Walowit E. Quantization and multilevel halftoning of color images for near-original image quality[J]. J Opt Soc Amer A, 1990, 7(6) : 1019 - 1026 .
- [6] 陈钢. 纺织 CAD 系统中的图案色彩识别[J]. 计算机时代, 1996 (6) : 9 - 10 .
- [7] 田琳,常培荣. 纺织 CAD 提花织物设计初探[J]. 纺织学报, 1995, 16(4) : 216 - 219 .
- [8] Eugene Vishevsky. Color conversion algorithms [EB/ OL]. <http://www.cs.rut.ed/~ncs/Color/t/Convert.html>, 2004-06-09 .