

基于立方体内缩的反向颜色空间转换算法

赵天明, 刘诗德

(信息工程大学, 郑州 450000)

摘要: **目的** 提出一种基于立方体内缩的反向颜色空间转换算法, 实现颜色值从 CIELab 颜色空间到 RGB 颜色空间的转换。**方法** 选取 4096 组建模点和 512 组测试点, 以三维查表插值法为理论基础, 设计一种基于立方体内缩的方法逐步搜索符合条件的特征点来代替测试点, 计算得到测试点反向转换后的 RGB 值。**结果** 通过 CIELAB 1976, CIE94 和 CIE2000 色差公式对算法的转换精度进行评价, 计算测试点的 Lab 值和反向转换得到 RGB 值对应的 Lab 值之间的色差。测试点的平均色差分别为 2.07, 1.53 和 0.96, 大部分色差的分布范围在 0~3 之间, 算法的转换精度较高。测试点反向转换后的结果较为理想, 在绿色调区域和亮度较低的红色调区域的精度可进一步提升。**结论** 实验结果表明此算法可精准、快速、有效地实现颜色值从 CIELab 颜色空间到 RGB 颜色空间的转换。

关键词: 颜色空间; 色空间转换; 三维查表插值法; 立方体内缩; 色差

中图分类号: TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)17-0200-06

Inverse Color Space Conversion Algorithm Based on Cube Inner Contraction

ZHAO Tian-ming, LIU Shi-de

(Information Engineering University, Zhengzhou 450000, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a reverse color space conversion algorithm based on the cube inner contraction, in order to realize the conversion from CIELab color space to RGB color space. By selecting 4096 group modeling points and 512 group test points and taking the three-dimensional look-up table interpolation method as the theoretical basis, a method based on the cube inner contraction was designed to search the eligible feature points to replace the test points step by step, and then the RGB values of test points after reverse conversion were calculated. The conversion accuracy of the algorithm was evaluated by CIELAB 1976, CIE94 and CIE2000 chromatic aberration formula, and the chromatic aberration between the Lab value of the test point and the corresponding Lab value from the reversely converted RGB was calculated. The average chromatic aberrations of the test points were 2.07, 1.53 and 0.96 respectively. The distribution range of most chromatic aberrations was between 0 and 3, and the conversion accuracy of the algorithm was quite high. The result of test points after reverse conversion was ideal, but the accuracy in the green area and in the red low-brightness area could be further enhanced. The experimental results show that this algorithm can realize the conversion from CIELab color space to RGB color space accurately, quickly and effectively.

KEY WORDS: color space; color space conversion; three-dimensional look-up table interpolation method; cube inner contraction; chromatic aberration

彩色图像在复制过程中, 数字化形式的颜色数据在不同颜色设备之间进行传递。由于不同的输入、输出和显示设备具有不同色彩再现能力, 对于不同类型的设备, 若输入同样的颜色值, 其显示或者打印的效

果也不一致^[1]。色彩管理是为了解决不同设备之间颜色复现问题而提出的一种技术手段, 其目的是使彩色图像在不同设备之间复制的过程中颜色失真尽可能地小。色空间转换是色彩管理过程中最为关键的一

收稿日期: 2017-01-19

作者简介: 赵天明 (1993—), 男, 信息工程大学硕士生, 主攻色彩管理。

通讯作者: 刘诗德 (1965—), 男, 博士, 信息工程大学副教授, 主要研究方向为数字地图出版技术。

环,彩色图像数据以与设备无关的中间颜色空间为桥梁,在不同的设备之间完成颜色的转换,它的准确性对色彩管理起着至关重要的作用^[2-5]。CIELab 颜色空间是一种常用的与设备无关的颜色空间,可以作为中间颜色空间来实现设备之间的色彩转换^[6]。

目前实现色空间转换算法较多,主要分为模型法、多项式回归法、三维查找表插值法和神经网络法^[7]。目前,三维查找表插值法凭借其精度高、通用性强等特点,已经应用于大多显示和输出设备的特征化过程中^[8]。其中,正向变换(例如从 RGB 颜色空间转换到 CIELab 颜色空间)的颜色转换精度较高,通过简单的几何体线性插值即可实现。在反向变换(例如从 CIELab 颜色空间转换到 RGB 颜色空间)的过程中,由于 CIELab 颜色空间是一种不规则的颜色空间,通过均匀的 RGB 空间样本集无法建立均匀的反向查找表,因此也无法进行规则的几何体插值求解。基于此,文中提出一种基于立方体内缩的插值算法来实现颜色值的反向变换,对该算法的精度进行评价,为反向颜色空间变换算法的设计提供参考。

1 基于立方体内缩的反向颜色空间转换算法

1.1 三维查表插值理论

三维查找表插值法的核心思想是将源颜色空间分割成有规则几何体组成的网格空间,把空间内每个点对应的颜色坐标都储存在一个查找表中,通过查找空间几何体和对应点的颜色值坐标并进行简单的线性插值运算,就可以实现颜色值在不同空间的转换^[9],结构见图 1。

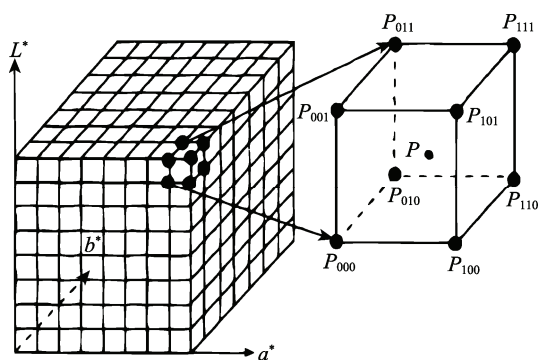


图 1 三维查表插值法结构

Fig.1 Structure of three-dimensional look-up table interpolation method

该方法的设计大体上可分为分区、抽取和插值等 3 个步骤。分区是将源色彩空间按照一定的方式划分成若干个规则的几何体,利用样本点的颜色值坐标建立一个三维查找表。抽取是对于源色彩空间内的一个给定输入点,查找出包含输入点的最小几何体及相应顶点的颜色值坐标。插值是在该几何体中进行简单的

插值运算,计算得到输入点在目标色彩空间的颜色值坐标^[10-11]。

一般来说,三维插值查表法相对于其他色空间转换方法的精度普遍较高,运算和映射关系也比较简单,某个样本点的误差不会对整体误差造成影响。该方法的转换精度与查找表的密度等因素相关,往往需要大量的样本和较大的存储空间^[12-13]。

1.2 实验环境

硬件: HP OMEN 15-AX000 显示器, 1920×1080 分辨率, Windows 10 操作系统。软件: Adobe Photoshop 软件。条件: 选择国际标准 Adobe RGB(1998)作为 Adobe Photoshop 中 RGB 工作空间的 ICC 特性文件,以此作为标准读取 RGB 数值对应的 Lab 值。

1.3 算法设计

该算法以三维查表插值法为理论基础,设计一种基于立方体内缩的方法逐步搜索符合条件的特征点来代替测试点,以此得到测试点反向转换后的 RGB 值。算法的实现步骤见图 2。

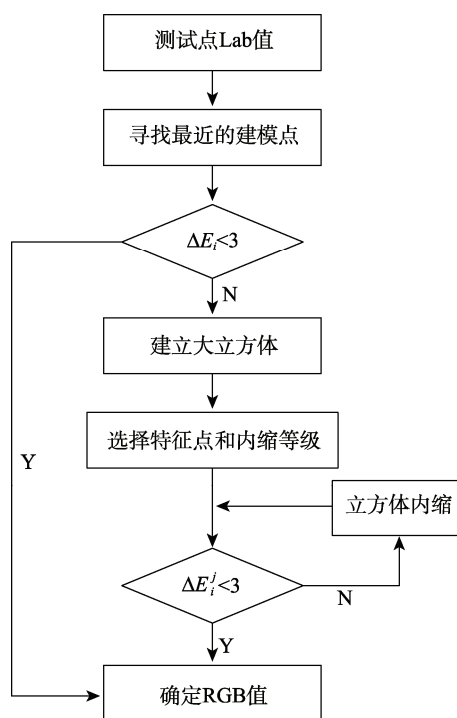


图 2 算法流程

Fig.2 Algorithm flow

1) 建立查找表。首先,对 RGB 颜色空间进行 16 级均匀分割获取 4096 个建模点,即分别在 R, G, B 这 3 个颜色通道上进行等间距采样,间距为 17,采样点的 RGB 值分别为 0, 17, 34, 51, 68, 85, 102, 119, 136, 153, 170, 187, 204, 221, 238, 255。在显示器上应用 Adobe Photoshop 软件来读取 4096 个建模点的 RGB 值以及所对应的 Lab 值,完成查找表的建立。

2) 寻找最近的建模点。判断测试点的 R, G, B 值分别在建模点集的哪个区域, 分别向左右各外扩一级形成一个 $4 \times 4 \times 4$ 的点集, 依次计算出测试点的 Lab 值和 64 个建模点的 Lab 值之间的色差 ΔE_i , 找到与测试点色差最小的建模点 $P(R_z, G_z, B_z)$ 。若点 P 的色差值小于 3, 点 P 的 RGB 值为测量点反向转换的 RGB 值, 否则进行建立大立方体。

3) 建立大立方体。以点 P 为中心建立 34×34 的大立方体, 见图 3。大立方体的 8 个顶点的 RGB 坐标依次为 $P_1(R_z-17, G_z-17, B_z-17)$, $P_2(R_z+17, G_z-17, B_z-17)$, $P_3(R_z+17, G_z+17, B_z-17)$, $P_4(R_z-17, G_z+17, B_z-17)$, $P_5(R_z-17, G_z-17, B_z+17)$, $P_6(R_z+17, G_z-17, B_z+17)$, $P_7(R_z+17, G_z+17, B_z+17)$, $P_8(R_z-17, G_z+17, B_z+17)$, 8 个顶点的 Lab 坐标为对应建模点的 Lab 值。若点 P 位于建模数据集的边缘, 则依据具体情况确定大立方体, 例如点 P 的坐标为 $(17, 0, 17)$ 时, 大立方体的顶点坐标依次为 $P_1(0, 0, 0)$, $P_2(34, 0, 0)$, $P_3(34, 34, 0)$, $P_4(0, 34, 0)$, $P_5(0, 0, 34)$, $P_6(34, 0, 34)$, $P_7(34, 34, 34)$, $P_8(0, 34, 34)$ 。

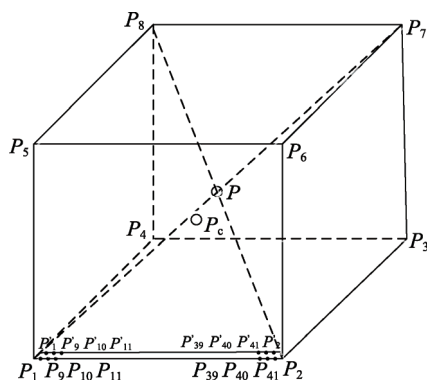


图 3 大立方体
Fig.3 Big cube

4) 选择特征点和内缩等级。综合考虑转换精度和运算效率两方面的因素, 每条边上选择 35 个特征点 (共 404 个特征点), 例如 P_1P_2 边上的特征点为 $P_1, P_9, P_{10}, P_{11} \dots P_{39}, P_{40}, P_{41}, P_2$, RGB 值的坐标依次为 $(R_1, G_1, B_1), (R_9, G_9, B_9) \dots (R_{41}, G_{41}, B_{41}), (R_2, G_2, B_2)$, Lab 值的坐标依次为 $(L_1, a_1, b_1), (L_9, a_9, b_9) \dots (L_{41}, a_{41}, b_{41}), (L_2, a_2, b_2)$ 。由于每条边上所有特征点都在一条直线上, 故特征点的 RGB 值和 Lab 值用简单的线性插值法求得。

另外 11 条边和第 N 次内缩各特征点 RGB 值和 Lab 值的求解方法与 P_1P_2 边和第 1 次内缩的情况相似, 在这里就不逐一列出了。 P_1P_2 边上特征点的 RGB 值计算公式如下:

$$\begin{cases} R_1 = R_z - 17, R_2 = R_z + 17, R_{8+i} = R_1 + i(1 \leq i \leq 33) \\ G_1 = G_z - 17, G_{8+i} = G_1 \\ B_1 = B_z - 17, B_{8+i} = B_1 \end{cases} \quad (1)$$

P_2 边上特征点的 Lab 值计算公式如下:

$$\begin{cases} L_1 = L_1, L_2 = L_2, L_{8+i} = L_1 + i \times (L_2 - L_1) / 34 (1 \leq i \leq 33) \\ a_1 = a_1, a_2 = a_2, a_{8+i} = a_1 + i \times (a_2 - a_1) / 34 \\ b_1 = b_1, b_2 = b_2, b_{8+i} = b_1 + i \times (b_2 - b_1) / 34 \end{cases} \quad (2)$$

另外 11 条边的求法与 P_1P_2 边相似, 在这里就不逐一列出了。

5) 立方体内缩。立方体所有特征点每次沿着中心点 P 方向内缩 1 个单位距离形成新的立方体, 运用线性插值原理计算出内缩后立方体所有特征点的 RGB 值和 Lab 值, 图 3 中第 1 次内缩后 P_1P_2 边上特征点的 RGB 值计算公式为:

$$\begin{cases} R'_1 = R_1 + 1, R'_2 = R'_1 - 1, R'_{i+8} = R'_1 + i \times (R'_2 - R'_1) / 34 \\ G'_1 = G'_2 = G_1 + 1, G'_{i+8} = G'_1 \\ B'_1 = R'_2 = B_1 + 1, B'_{i+8} = B'_1 \end{cases} \quad (3)$$

第 1 次内缩后 P_1P_2 边上特征点的 Lab 值计算公式为:

$$\begin{cases} L'_1 = L_1 + i \times (L_7 - L_1) / 34, L'_{i+8} = L'_1 + i \times (L_8 - L'_1) / 34, \\ L'_{i+8} = L'_1 + i \times (L'_2 - L'_1) / 34 \\ a'_1 = a_1 + i \times (a_7 - a_1) / 34, a'_{i+8} = a'_1 + i \times (a_8 - a'_1) / 34, \\ a'_{i+8} = a'_1 + i \times (a'_2 - a'_1) / 34 \\ b'_1 = a_1 + i \times (b_7 - b_1) / 34, b'_{i+8} = b'_1 + i \times (b_8 - b'_1) / 34, \\ b'_{i+8} = b'_1 + i \times (b'_2 - b'_1) / 34 \end{cases} \quad (4)$$

6) 确定反向 RGB 值。从初始大立方体开始, 依据色差公式计算出测试点与全部 404 个特征点的色差。当色差值小于 3 时, 当前特征点的 RGB 值即为测试点反向转换后的 RGB 值。若色差值都大于 3, 则进行立方体内缩形成一个新的立方体和 404 个特征点。继续计算出测试点与每个新特征点的色差并做出判定, 当色差小于 3 时, 停止内缩, 确定代替测试点的特征点, 求出测试点反向转换的 RGB 值。显然, 绝大多数情况下满足条件的特征点应该在该大立方体之内, 但在实验过程中, 可能存在极少量测试点满足条件对应的特征点不在大立方体之内的情况。该算法对此类型测试点的处理思路是在大立方体内找出与该测试点色差最小的特征点, 求出该特征点的 RGB 值作为测试点反向转换的 RGB 值。此时, 求得特征点 RGB 值对应的 Lab 值与测量点的 Lab 值也比较接近。

2 精度评估

文中对 RGB 颜色空间进行 8 级均匀分割获取 512 个测试点, 即分别在 R, G, B 等 3 个颜色通道上进行等间距采样, 间距为 32, 采样点的 RGB 值分别为 16, 48, 80, 112, 144, 176, 208, 240, 然后利用这些测试点的 RGB 值和 Lab 值来检验模型的精度。色差研究的目标是用一个数字来评价 2 个对象之间的颜色差别, 是颜色复制和转换中效果评价、质量评定、等级划分

的一个重要指标^[14-15]。文中采用 CIELAB 1976, CIE94 和 CIE2000 色差公式计算测试点的 Lab 值与反向转换后 RGB 值对应的 Lab 值之间的色差。

CIELAB 1976 色差公式为：

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (5)$$

CIE94 色差公式为：

$$\Delta E_{94} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}}{K_H S_H}\right)^2} \quad (6)$$

式中： $S_L=1$ ； $S_C=1+0.045C_{ab}$ ； $S_H=1+0.015C_{ab}$ 。

参数因子 K_L, K_C, K_H 可依据不同的用途代入不同的数值，根据印刷行业推荐使用 $K_L=1.4, K_C=K_H=1.4$ 。

CIE2000 色差公式为：

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C_{ab}}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H_{ab}}{K_H S_H}\right)} \quad (7)$$

式中： S_L, S_C, S_H 为加权函数，允许在 CIELAB 颜色空间中根据区域的不同进行各自的调整，以校正该空间的均匀性，定义为：

$$S_L = 1 + \frac{0.015(\bar{L} - 50)^2}{\sqrt{20 + (\bar{L} - 50)^2}} \quad (8)$$

$$S_C = 1 + 0.045\bar{C}_{ab} \quad (9)$$

$$S_H = 1 + 0.015\bar{C}_{ab} T \quad (10)$$

$$T = 1 - 0.17 \cos(\bar{h}_{ab} - 30^\circ) + 0.24 \cos(2\bar{h}_{ab}) + 0.32 \cos(3\bar{h}_{ab} + 6^\circ) - 0.20 \cos(4\bar{h}_{ab} - 63^\circ) \quad (11)$$

R_T 的计算过程为：

$$R_T = -\sin(2\Delta\theta)R_C \quad (12)$$

$$\Delta\theta = 30 \exp\left\{-\left[\left(\bar{h}_{ab} - 275^\circ\right)/2\right]^2\right\} \quad (13)$$

$$R_C = 2\sqrt{\frac{\bar{c}^7}{\bar{c}^7 + 25^7}} \quad (14)$$

反向转换精度评估的流程见图 4。通过该算法依次求得 512 个测试点经反向转换得到的 RGB 值，存储反向转换得到的 RGB 点集；在 Photoshop 软件中获取反向转换得到的 RGB 点集对应的 Lab 值，记为 $(Lab)_i$ ；利用色差公式计算出测试点的 Lab 值和 $(Lab)_i$ 之间的色差，对反向转换模型的精度进行评估。

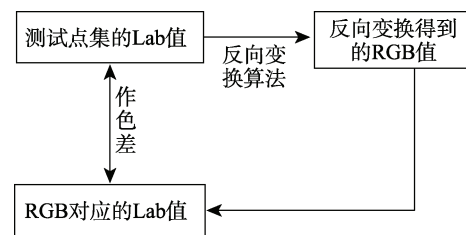


图 4 反向转换精度检验流程

Fig.4 Test flow of reverse conversion accuracy

3 结果分析

文中采用 Visual Studio 2012 软件平台实现 CIELab 到 RGB 颜色空间的转换。算法设计界面见图 5，主要的功能模块由测试数据的 Lab 值、反向转换的 RGB 值、反向变换后测量的 Lab 值和反向变换的色差 4 个部分组成。



图 5 算法设计界面

Fig.5 Algorithm design interface

应用 CIELAB 1976, CIE94 和 CIE2000 这 3 个色差公式对该算法的反向转换精度进行评价，计算得到每个测试点的 3 个色差值，并对 512 个测试点的色差数据进行统计生成图表，见图 6。

测试点色差在各区间的分布情况见表 1。采用 CIELAB 1976 色差公式计算测试点的色差，测试点的

平均色差为 2.07，最小色差为 0，最大色差为 4.58，其中 92.58% 的色差分布在 0~3 之间。采用 CIE94 色差公式计算测试点的色差，测试点的平均色差为 1.53，最小色差为 0，最大色差为 3.43，其中 99.61% 的色差分布在 0~3 之间。采用 CIE2000 色差公式计算测试点的色差，测试点的平均色差为 0.96，最小色差

为 0, 最大色差为 2.89, 其中 100% 的色差分布在 0~3 之间。

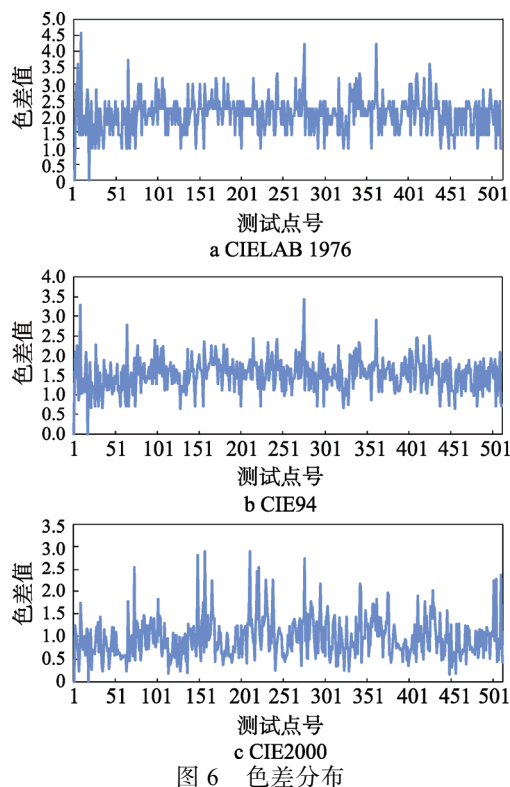


图 6 色差分布

Fig.6 The distribution of chromatic aberration

由表 1 可以总结出, 3 种色差公式计算得到所有测试点的色差值全部小于 6, 其中大部分测试点的色差都分布在 0~3 之间, 说明该算法的转换效果比较理想, 可以满足色空间反向转换的精度要求。

表 1 反向转换后的色差分布

Tab.1 The distribution of chromatic aberration after reverse conversion

色差范围	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	平均色差	最小色差	最大色差
CIE LAB 1976	2	169	303	35	3	0	2.07	0	4.58
CIE94	43	421	46	2	0	0	1.53	0	3.43
CIE2000	296	199	17	0	0	0	0.96	0	2.89

分析色差值大于 3 的测试点, 可以发现此类测试点基本都分布在绿色调区域和亮度较低的红色调区域, 说明在这个区域上 CIE Lab 颜色空间的变形程度较大。该算法在此区域进行线性插值运算的过程中所得结果的精度相对于其他区域较低, 可以考虑增加该区域的建模点数来提高算法在该区域的转换精度。

4 结语

依据三维查表插值法理论设计了一种基于立方体内缩的反向颜色空间转换算法, 完成颜色值从 CIE Lab 颜色空间到 RGB 颜色空间的转换, 并提

取 512 个测试数据通过 3 种色差公式对算法的精度进行检验。测试数据证明了该算法是可行的, 并具有较高的预测准确性, 其计算过程也较为简单, 无论从转换精度还是运算效率上都优于大部分已经提出的反向颜色空间转换算法, 具有较大的实用价值。

色空间转换的精度很大程度上决定了彩色图像的再现效果, 反向转换更是重中之重, 但是相关研究相对较少。建立精度更高的反向色空间转换模型、对颜色空间误差的均匀性进行优化和改进、反向色空间转换算法应用于不同设备类型标定过程的效果对比等方面都将是下一步继续研究和实验的方向。

参考文献:

- [1] TOMINAGA S. Realistic Color Rendering of Reflective Three-dimensional Objects on CRT Displays[R]. Osaka: Information Science Center, Osaka Electro-Communication University, Technical Report, ISC94-67, 1995.
- [2] 黎新伍, 王根生. CRT 显示图像的色彩管理新模型[J]. 中国图象图形学报, 2015, (8): 993—999.
LI Xin-wu, WANG Gen-sheng. New Color Management Model of CRT Display Image[J]. Journal of Chinese Image and Graphics, 2015(8): 993—999.
- [3] 洪亮, 朱明. 基于 BP 神经网络的 RGB 到 L*a*b*色空间转换研究[J]. 广东印刷, 2013(3): 17—18.
HONG Liang, ZHU Ming. Research on Color Space Conversion of RGB to L*a*b* Based on BP Neural Network[J]. Guangdong Printing, 2013(3): 17—18.
- [4] 王红伟. 主流色空间转换算法的分析与比较[J]. 广东印刷, 2015(3): 23—26.
WANG Hong-wei. Analysis and Comparison of the Main Color Space Conversion Algorithm[J]. Printing in Guangdong, 2015(3): 23—26.
- [5] 洪亮, 李瑞娟. 基于改进 BP 神经网络的显示器色空间转换[J]. 河南工程学院学报(自然科学版), 2014(1): 62—66.
HONG Liang, LI Rui-juan. Color Space Conversion of Display Based on Improved BP Neural Network[J]. Journal of Henan Institute of Engineering(Natural Science Edition), 2014(1): 62—66.
- [6] 缪晓丽, 唐正宁. 印刷品质量检测过程中的色空间转换方法研究[J]. 包装工程, 2011, 32(3): 71—73.
MIAO Xiao-li, TANG Zheng-ning. Research on Color Space Conversion Method in the Process of Printing Quality Inspection[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(3): 71—73.
- [7] 韩喜君, 石俊生, 黄小乔. 彩色打印机特性化多元回归模型的研究[J]. 光学技术, 2011(1): 25—30.
HAN Xi-jun, SHI Jun-sheng, HUANG Xiao-qiao. Research on Characteristic Multiple Regression Model of Color Printer[J]. Optical Technology, 2011(1): 25—30.

- [8] ICC. International Color Consortium, ICC.1 Version 4.2 [EB/OL]. (2004-10-10). <http://www.color.org/icc-specs2.xalter>.
- [9] HOOH B. The Color Adjustment of Four-color Printer[J]. Japanese Picture Committee, 1993, 56(2): 112—122.
- [10] 李瑞娟, 邓倩. 基于三维查找表的RGB到XYZ颜色空间转换的研究[J]. 包装工程, 2012, 33(13): 116—119.
LI Rui-juan, DENG Qian. Research on Color Space Conversion from RGB to XYZ Based on Three Dimensional Look Up Table[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(13): 116—119.
- [11] 姜旭丽. 色彩转换技术及其进展[J]. 印刷质量与标准化, 2011(6): 8—12.
JIANG Xu-li. Color Conversion Technology and Its Development[J]. Printing Quality and Standardization, 2011(6): 8—12.
- [12] 孙帮勇, 周世生. 彩色复制中颜色信息传递算法的研究进展[J]. 中国印刷与包装研究, 2011(1): 1—5.
SUN Bang-yong, ZHOU Shi-sheng. Research Progress of Color Information Transfer Algorithm in Color Reproduction[J]. China printing and Packaging Research, 2011(1): 1—5.
- [13] MOROVIC J, LUO M R. Calculating Medium and Image Gamut Boundaries for Gamut Mapping[J]. Color Research and Application, 2000, 25(6): 394—401.
- [14] 许向阳, 张旭亮, 李博. 基于颜色属性相关性的图像色差公式的研究[J]. 包装工程, 2013, 34(13): 98—101.
XU Xiang-yang, ZHANG Xu-liang, LI Bo. Research on Color Difference Formula of Image Based on Correlation of Color Attributes[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(13): 98—101.
- [15] 刘浩学, 黄敏, 武兵, 等. 彩色数字图像色差计算方法的研究[J]. 光学学报, 2012(9): 331—340.
LIU Hao-xue, HUANG Min, WU Bin, et al. Research on Color Difference Calculation Method of Color Digital Image[J]. Optical Academic Journal, 2012(9): 331—340.

《图像防伪技术》特色栏目征稿函

现代科技的高速发展和假冒伪造活动的日益猖獗, 促进了各种防伪技术的发展。防伪技术的发展是与其他相关学科和技术的发展紧密相连、密切相关的, 在其融入了先进技术成果的同时, 也成为多学科科技成果的组合和综合应用的结晶。防伪技术难以复制和仿制, 本身价格合理, 易于检验, 在一定时限内可不被第三者成功复制, 从而保护企业品牌、保护市场、保护广大消费者合法权益。

鉴于此, 本刊拟围绕“图像防伪技术”这一主线, 作系列的专项报道。本刊编辑部特邀请该领域的专家为本栏目撰写稿件, 以期进一步提升本刊的学术质量和影响力。稿件以研究论文为主, 也可为综述性研究, 请通过网站投稿, 编辑部将快速处理并优先发表。

编辑部电话: 023-68792294 网址: www.packjour.com

《包装工程》编辑部