

基于单元多项式回归法的扫描仪色彩校正研究

马丽娜

(西安理工大学 印刷包装工程学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 针对IT8.7/2色靶及自定义色靶, 采用单元多项式回归法, 进行扫描仪RGB到Lab颜色空间的转换, 以实现扫描仪的色彩校正。结果表明: 针对IT8.7/2色靶, 当采用5级均等分割中心点并采用13项50点进行多项式回归时, 精度相对较高, 效果较好; 针对自定义色靶, 当采用8级均等分割中心点并采用19项180点进行单元多项式回归时, 精度相对较高, 效果较好。采用单元多项式回归法, 可提升扫描仪RGB到Lab颜色空间的转换精度, 并节约计算时间, 能有效实现扫描仪的色彩校正, 且处理过程更简便、直观。

关键词: 单元多项式回归法; IT8.7/2色靶; 自定义色靶; RGB颜色空间; Lab颜色空间; 色彩校正

中图分类号: TS801.3; TS801.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-7100(2015)02-0059-04

Study on Correction Unit Polynomial Regression Method Based on Color Scanner

Ma Lina

(Institute of Printing and Packaging Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract : For IT8.7/2 color target and custom color target, scanner RGB color space was converted to Lab color space to achieve the scanner color correction by using unit polynomial regression. The results showed that: for the IT8.7/2 color target, when the level 5 equal split center point was adopted with 13 item 50 point polynomial regression, better accuracy and effects were achieved; for custom color target, when the level 8 equal split center point was adopted with 19 item 180 unit polynomial regression, better accuracy and effects were accomplished. The unit polynomial regression could improve the scanner space conversion accuracy from RGB color space to Lab color with the shortening of the computing time. It could effectively realize the scanner color correction while the treatment process was more intuitive and simple.

Key words: unit polynomial regression method; IT8.7/2 color target; custom color target; RGB color space; Lab color space; color correction

0 引言

随着扫描仪的普及, 实现不同设备之间颜色传递的一致性逐渐受到人们的关注。将原稿数字化导入相关设备中, 经常会使用到扫描仪。在扫描仪的使用实践中, 经常会出现扫描图像和原稿图像存在较大差别、同一幅图像在不同的电脑上显示的颜色

差别较大等问题, 这都涉及扫描仪的色彩校正。

由于现有技术存在一定的缺陷, 仅将原稿进行扫描得到的图像不能达到复制要求, 直接扫描的图像和原稿图像有很大的差别, 所以必须对扫描仪进行色彩校正, 以使色彩再现接近原稿。同时, 扫描仪的呈色空间为RGB颜色空间。RGB颜色空间是与设备相关的颜色空间, 其受设备的影响较大。扫描

收稿日期: 2014-12-08

作者简介: 马丽娜(1990-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 西安理工大学硕士生, 主要研究方向为计算机彩色图文处理及色彩管理,

E-mail: 1010206954@qq.com

仪在使用过程中,由于设备自身耗材的特性,长时间使用后会使得色彩特性发生改变,导致图像在扫描过程中出现颜色损失^[1],因此,也需要对扫描仪进行色彩校正。

色彩管理包括校准、特征化和颜色空间转换。在色彩管理领域,颜色空间的转换受到研究者的普遍关注^[2]。本文基于VC程序,针对彩色图像扫描仪,利用自定义和IT8.7/2色靶,采用单元多项式回归法,以实现扫描仪RGB到Lab颜色空间的色彩校正。

1 建模数据和测试数据的获取

本研究采用彩色图像扫描仪。

1) 经过前期处理校准后,将扫描仪调整到校准参数,分别对IT8.7/2色靶(见图1)及自定义色靶(见图2)进行扫描。

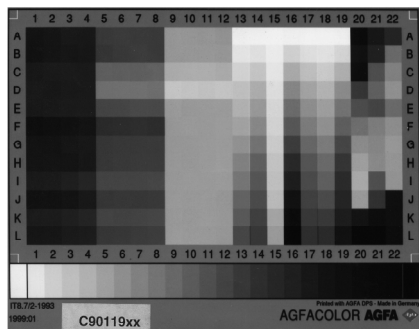


图1 IT8.7/2色靶示意图

Fig. 1 IT8.7/2 color target

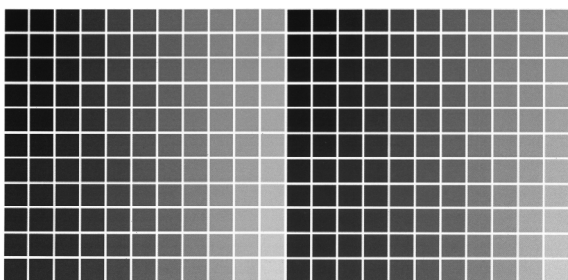


图2 自定义色靶0, 25色块示意图

Fig. 2 Custom color target 0, 25 color

2) 将对IT8.7/2色靶扫描得到的264个彩色色块作为建模数据,24个灰阶块作为测试数据。自定义色靶为本研究组自行设计,采用11级均等分割,间隔点分别为0,25,50,75,100,125,150,175,200,225,255。测试色靶采用8级均等分割,间隔点分别为10,40,85,120,155,190,215,240。

3) 打印纸质色靶,经扫描仪扫描输入计算机。由于扫描仪是内置光源,因此不需考虑外界光源对扫描仪的影响。两套色靶经扫描仪输入后便可获得 R , G , B 值。

4) 采用分光密度计,测量两套纸质色靶的 L , a , b 值,分别获得IT8.7/2色靶的建模数据和测试数据(IT8.7/2色靶部分建模数据如表1所示),以及自定义色靶的建模数据和测试数据。

表1 扫描仪IT8.7/2色靶部分建模数据

Table 1 Scanner color target modeling data

R	G	B	L	a	b
43	22	22	19.86	13.50	3.78
56	17	19	19.86	24.64	7.37
71	15	19	21.44	33.84	10.94
69	13	19	21.13	34.39	8.64
105	65	66	41.05	14.91	6.23
127	58	63	41.35	28.90	8.57
140	45	53	39.86	41.49	12.06

分析表1可知,对于扫描仪IT8.7/2色靶,每一个色块的 R , G , B 值和 L , a , b 值呈现出不规则的对应关系,因此,若是采用插值法时,很难找到栅格点进行计算。

2 RGB到Lab颜色空间的转换

扫描仪RGB到Lab颜色空间的转换,经常采用的方法为三维插值法、BP神经网络法以及多项式回归算法^[3]。

三维插值法主要包括三次线性插值、三棱柱插值、金字塔插值和四面体插值^[4]。三维插值法的原理是将源颜色空间分成多个三维几何体,再对三维几何体进行分析,若输入的待测值落在三维几何体内部,则采用三维几何体的栅格点来进行插值计算^[5]。其优点是针对规则的几何体插值时,分割的块越小,精度越高,计算速度越快;缺点是对于不均匀的几何体,分割出的块不均匀,查找栅格点较困难,并且计算量较大。

BP神经网络法通过对标准测量数据和输出数据的训练,得到待转换空间和目标转换空间之间的映射关系,实现空间转换^[6]。该方法具有较强的灵活性及较高的精度,但其对训练方法与节点数选择,需要投入较多的人为计算,花费时间较长。

多项式回归算法主要通过寻找源颜色空间和目标颜色空间数据之间的对应关系,计算数据拟合系数,建立一个多项式模型^[7]。多项式回归法要求选取的样本点数大于多项式回归的项数^[8]。该算法相对简单,可得到较好的转换精度,使用也较方便,但并不是说,多项式回归项数越多,其转换精度就越高,有时项数增多,转换精度提升的幅度也不大。

由上文对表1的分析可知,扫描仪扫描后获得的

建模数据 R, G, B 值无规律可循, 故无法使用插值法将其分割成规则的立方体; 由于 IT8.7/2 色靶总共 288 个, 相对较少, 若是采用 BP 神经网络法, 则需要大量的数据进行训练; 从转换精度上考虑, 采用多项式回归法最为合适。因此, 本研究采用多项式回归法, 以实现扫描仪 RGB 到 Lab 颜色空间的色彩校正。

2.1 IT8.7/2 色靶单元多项式回归法

多项式回归算法的核心是求解系数, 采用不同的多项式回归项数, 其模型精度会有所变化, 一般情况下, 采用的多项式回归项数增加, 其模型精度会有所提高^[9], 但是当项数达到一定数量时, 即使再增加项数, 精度也几乎不会发生变化。

多项式回归算法常用的项数如公式 (1) 所示:

$$\begin{aligned} P_1(x, y, z) &= a_1x + a_2y + a_3z, \\ P_2(x, y, z) &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3z, \\ P_3(x, y, z) &= a_1x + a_2y + a_3z + a_4xy + a_5yz + a_6zx, \\ P_4(x, y, z) &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3z + a_4xy + a_5yz + a_6zx + a_7xyz, \\ &\vdots \\ P_{20}(x, y, z) &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3z + a_4xy + a_5yz + a_6zx + a_7xyz + \\ &\quad a_8x^2 + a_9y^2 + a_{10}z^2 + a_{11}x^3 + a_{12}y^3 + a_{13}z^3 + a_{14}xy^2 + \\ &\quad a_{15}x^2y + a_{16}yz^2 + a_{17}x^2z + a_{18}zx^2 + a_{19}z^2x. \end{aligned} \quad (1)$$

该多项式的系数可由公式 (2) 得到:

$$a = (VV')^{-1}(VP). \quad (2)$$

式中, V' 为矩阵 V 的转置。

根据建模数据, 求得 L, a, b 3 组多项式中的系数, 然后, 将系数代入公式 (1) 计算, 求得对应的 L, a, b 值。

本研究采用单元多项式回归法, 基于多项式原理^[10], 针对 IT8.7/2 色靶, 并以 5 级分割 RGB 颜色空间为例, 以实现扫描仪 RGB 到 Lab 颜色空间的转换。

1) 分割 RGB 颜色空间

自定义 RGB 子空间查找表, 将 RGB 空间按照 5 级均等分割, 分割点分别为 0, 50, 100, 150, 200, 255, 将 RGB 空间共分割成 $5^3=125$ 个子空间, 获得如下自定义 RGB 子空间查找表:

$$R_{\min}=G_{\min}=B_{\min}=0,$$

$$R_1=G_1=B_1=50,$$

$$R_2=G_2=B_2=100,$$

$$R_3=G_3=B_3=150,$$

$$R_4=G_4=B_4=200,$$

$$R_{\max}=G_{\max}=B_{\max}=255.$$

2) 计算自定义 RGB 子空间的几何中心

几何中心点 CR, CG, CB 值计算公式如下:

$$CR=(R_{\min}+R_{\max})/2,$$

$$CG=(G_{\min}+G_{\max})/2,$$

$$CB=(B_{\min}+B_{\max})/2.$$

根据以上 CR, CG, CB 值计算公式, 计算得到自定义子空间几何中心点分别为 25, 75, 125, 175, 227。

3) 获取 RGB 子空间的建模数据

将每个 RGB 子空间几何中心的 R, G, B 值与扫描获得的 R, G, B 值按如下公式计算方差:

$$E_{RGB_j} = \sqrt{(CR_i - R_j)^2 + (CG_i - G_j)^2 + (CB_i - B_j)^2}.$$

取最小的 50 个方差值以及在实验中获得建模数据所对应的 L, a, b 值, 作为各 RGB 子空间的建模数据。

4) 建立 RGB 子空间的多项式转换模型

从 RGB 到 Lab 颜色空间的转换模型如下:

$$P(x, y, z) = a_0x + a_1y + a_2z + a_3xy + a_4yz + a_5xz + a_6x^2 + a_7y^2 + a_8z^2 + a_9xyz + a_{10}x^3 + a_{11}y^3 + a_{12}z^3.$$

根据该转换模型, 采用 13 项多项式, 按如下公式计算 L, a, b 值:

$$L = a_0R + a_1G + a_2B + a_3RG + a_4GB + a_5RB + a_6R^2 + a_7G^2 + a_8B^2 + a_9RGB + a_{10}R^3 + a_{11}G^3 + a_{12}B^3,$$

$$a = q_0R + q_1G + q_2B + q_3RG + q_4GB + q_5RB + q_6R^2 + q_7G^2 + q_8B^2 + q_9RGB + q_{10}R^3 + q_{11}G^3 + q_{12}B^3,$$

$$b = m_0R + m_1G + m_2B + m_3RG + m_4GB + m_5RB + m_6R^2 + m_7G^2 + m_8B^2 + m_9RGB + m_{10}R^3 + m_{11}G^3 + m_{12}B^3.$$

IT8.7/2 色靶扫描仪 RGB 到 Lab 颜色空间的转换程序界面如图 3 所示。

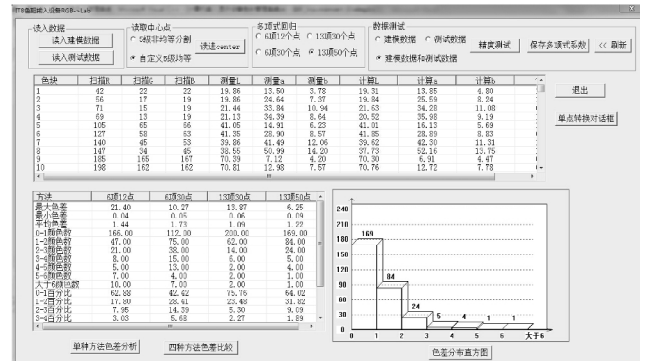


图 3 IT8.7/2 色靶扫描仪 RGB 到 Lab 颜色空间的转换程序界面

Fig. 3 IT8.7/2 color target scanner RGB-Lab color space conversion program interface diagram

本研究主要采用手动 5 级和自定义 5 级均等分割中心点, 分别使用 6 项 12 点、6 项 30 点、13 项 30 点和 13 项 50 点, 对扫描仪的建模数据和测试数据进行测试, 并对采用不同方法得到的结果进行色差分析, 找到最小色差对应的方法。

综上所述可知, 当采用不同方法分割中心点时, 所得到的结果差异较大, 经过比较, 发现均等分割

中心点得到的色差分布较好,因此,针对IT8.7/2色靶,采用5级自定义均等分割中心点,并采用13项50点进行多项式回归,此方法效果最好。此时,最大色差为6.25,最小色差为0.09,平均色差为1.22。

2.2 自定义色靶单元多项式回归法

针对自定义色靶,建模数据为1331个色块,测试数据为512个色块,实验采用6级、8级和9级均等分割中心点,并分别采用16项130点、16项180点、19项130点和19项180点,对扫描仪的测试数据512个色块进行测试,对采用不同方法得到的结果进行色差分析,找到最小色差对应的方法。自定义色靶扫描仪RGB到Lab颜色空间的转换程序界面见图4。

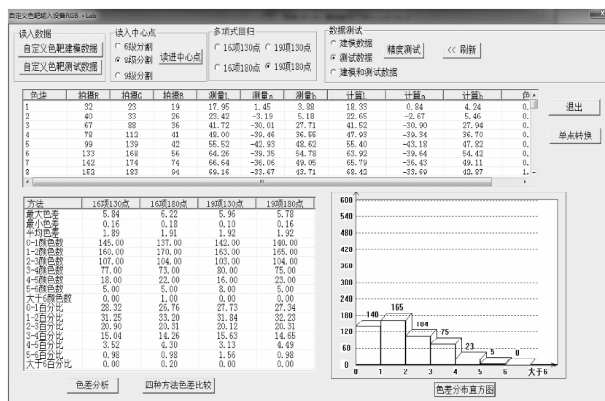


图4 自定义色靶扫描仪RGB到Lab颜色空间的转换程序界面

Fig. 4 Program interface map of custom color target scanner RGB-Lab color space conversion

由扫描仪测试数据512个色块的测试结果可知,当采用8级均等分割中心点及采用19项180点进行单元多项式回归时,精度最高,效果最好。此时,最大色差为5.78,最小色差为0.16,平均色差为1.92。

3 结语

本研究针对IT8.7/2色靶及自定义色靶,采用单元多项式回归法,进行扫描仪RGB到Lab颜色空间的转换,以实现扫描仪的色彩校正。

1) 针对IT8.7/2色靶,当采用5级均等分割中心点并采用13项50点进行多项式回归时,精度相对较高,效果较好;

2) 针对自定义色靶,当采用8级均等分割中心点并采用19项180点进行单元多项式回归时,精度相对较高,效果较好。

实验结果表明,采用单元多项式回归法,可提升扫描仪RGB到Lab颜色空间的转换精度,并节约计

算时间,能有效地对扫描仪进行色彩校正,且处理过程更简便、直观。

参考文献:

- [1] George Z Gao. The Design of ICC Color Space Conversion [J]. IEEE, 2010, 5(4): 772-776.
- [2] 车敏. 计算机输入与显示设备色彩管理系统的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2006: 3.
Che Min. Computer Input and Display Device Color Management System[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2006: 3.
- [3] Francisco Martinez-Verdu, Pujol J, Capilla P. Characterization of a Digital Camera as an Absolute Tristimulus Colorimeter[J]. Journal of Imaging Science and Technology, 2003, 47(4): 279-295.
- [4] 胡媛, 司占军. 基于印刷原稿的扫描仪色彩管理的研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2011, 3(1): 19-23.
Hu Yuan, Si Zhanjun. Study on Our Scanner Color Management Printed Original[J]. China Printing and Packaging Research, 2011, 3(1): 19-23.
- [5] 周瑞. 彩色数码相机色彩空间转换模型的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2007: 3.
Zhou Rui. Study of Color Digital Camera Color Space Conversion Model[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2007: 3.
- [6] Hu Juanli, Deng Jiabin. Color Space Conversion Model from CMYK to LAB Based on Prism[J]. IEEE, 2007, 8(2): 235-238.
- [7] Kobus Barnard, Brian Funt. Camera Characterization for Color Research[J]. Color Research and Application, 2002, 27(3): 152-163.
- [8] 贾婉丽. Photoshop 中的色彩空间转换[D]. 西安: 西安理工大学, 2002: 3.
Jia Wanli. Color Space Conversion in Photoshop[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2002: 3.
- [9] 许宝卉. 显示器色彩特性分析及色彩空间转换技术研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2010: 4.
Xu Baohui. The Display Color Characteristic Analysis and Color Space Conversion Technology Research[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2010: 4.
- [10] Hong Guowei, Luo Ronnier M, Rhodes Peter A. A Study of Digital Camera Colorimetric Characterization Based on Polynomial Modeling[J]. Color Research and Application, 2001, 26(3): 76-84.

(责任编辑: 徐海燕)