

# 基于BP神经网络法的扫描仪的色空间转换分析

李小东, 陈 喻, 张传香

(湖南工业大学, 湖南 株洲 412008)

**摘 要:** 采用BP神经网络法建立了扫描仪的色空间转换模型, 实现了RGB色空间到CIE L\*a\*b\*色空间的转换, 并以实验验证了该方法的准确性, 对色彩管理的应用有一定的指导作用。

**关键词:** 神经网络; 色空间; 扫描仪

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2009)03-0079-04

## Analysis on Scanner Color Space Conversions Based on BP Neural Network

Li Xiaodong, Chenyu, Zhang Chuanxiang

(Hunan University of Technology, zhuzhou hunan 412008, China)

**Abstract:** The color space conversion model of scanner was obtained through BP neural network method, the conversion from RGB color space to CIE L\*a\*b\* color space was realized, and the accuracy of the method was verified by experiments. It has a guiding role in the application of color management.

**Key words:** neural network; color space; scanner

### 1 背景知识

扫描仪是输入系统中的一种重要设备, 对扫描仪进行色彩管理研究时, 首先要进行扫描仪的色彩特征化分析, 完成RGB—CIE L\*a\*b\*色空间转换, 使扫描图像在显示器上显示的色彩尽量与原稿接近。扫描仪色彩特性化模型的系统图见图1。

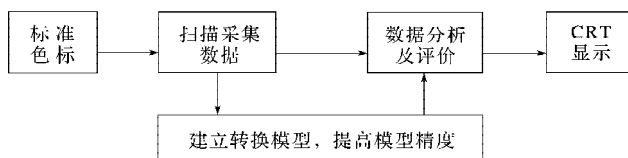


图1 扫描仪色彩特性化模型的系统图

Fig. 1 The system diagram of scanner's color characteristic model

以扫描仪扫描的原稿图像在显示器上的显示为例: 当需要显示一幅扫描仪扫描的图像时, 色彩管理系统 (color management system, 简称CMS) 使用存储

在扫描仪特征描述文件中的扫描仪设备特征信息, 将扫描仪的RGB图像转换到与设备无关的CIE色空间; 然后, CMS使用存储在显示器特征描述文件中的显示器设备特征信息, 从与设备无关的CIE色空间转换到显示器色空间, 这时就可看到显示器上与原稿相同的图像。虽然2种设备的色彩是与设备有关的, 但CMS在设备间进行转换, 可产生精确的、可预测的色彩<sup>[1-2]</sup>, 如图2所示。

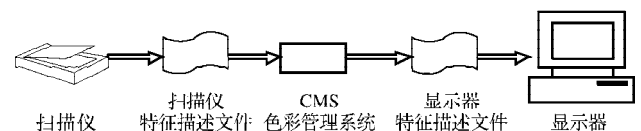


图2 扫描仪与显示器的色空间转换

Fig. 2 The color space conversion between scanner and monitor

RGB颜色空间是扫描仪和显示器常用的一种色彩空间, RGB模式是一种加色模式, CIE L\*a\*b\*色空间是经XYZ颜色空间非线性变换而来的, 是均匀颜色空间, 是建立在人眼视觉基础和颜色测量基础上的颜色

收稿日期: 2009-03-02

作者简介: 李小东 (1969-), 男, 湖南邵阳人, 湖南工业大学副教授, 主要从事印刷技术方面的教学与研究,

E-mail: xdli999@163.com

体系, 它不随设备的不同而变化<sup>[3]</sup>。

色空间的转换涉及到两个方面的问题, 一个是颜色描述语言的使用, 另一个是色空间转换的映射关系。色彩管理过程中对颜色的描述与设备无关, CIE XYZ 色空间与后来建立的 CIE L\*a\*b\* 色空间都是建立在大量色觉测量的基础上的, 已被广泛地用于色彩管理系统中。色空间转换的映射关系, 通过压缩或舍掉显示器和扫描仪不能为油墨所覆盖的色域, 来保证油墨所能再现的最大色域空间, 即是按印刷品映射的方式来进行。

ICC (international color consortium, 国际色彩联盟) 支持的建立与设备相关的色空间和与设备无关的色空间的转换方法较多<sup>[4-6]</sup>。传统方法是数学拟合法与查表法, 其线性模型的数学拟合法转换精度较低而不实用, 而多项式模型的拟合法项数不易确定, 且计算量大; 查表法虽然提供了较高的准确性, 但建立表格需要测试相当多的数据, 工作量极大; 转换精度一般不高, 主要原因是色块与色块间的变换关系决不是简单的线性关系, 而且这类算法精度还取决于试验色块的选取, 色块选取不当容易导致极大的误差。近年来随着人工神经网络的迅速发展, 采用 BP 神经网络算法, 这类算法转换精度尚可, 但算法收敛速度过慢, 使之在工程实际中难于应用。故在实际应用中提出了若干加快模型收敛的方法和技术, 不仅要解决 BP 神经网络的收敛速度问题, 且模型结构简单、转换精度高<sup>[7]</sup>, 非常适合于一些存在非线性转换的应用场合, 完全可应用于色空间转换。

## 2 基于神经网络法的扫描仪的色空间转换分析

### 2.1 模型的建立

建立 BP 网络模型的关键之一是获得建模样本。在建立 RGB—L\*a\*b\* 的转换模型时, 为了避免 BP 网络收敛速度慢以及易陷于局部最小点的问题, 采用了  $\delta$  学习律。即首先取建模样本的一部分作为学习样本, 由这部分样本训练出网络权值, 然后再以全部建模样本作为学习样本, 以前面训练出的网络权值作为初始权值重新训练网络, 得到最终的权值, 建立相应的最佳转换模型。BP 算法的程序设计框图如图 3 所示。

### 2.2 BP 网络的设计

在进行 BP 网络设计时, 通常都是从网络层数、每层中的神经元个数、激活函数、初始值和学习速率等几方面来考虑的。根据相关资料<sup>[8-10]</sup>, 可以得出网络的结构图, 它包括输入层、隐层和输出层 3 个部分, 如图 4 所示。

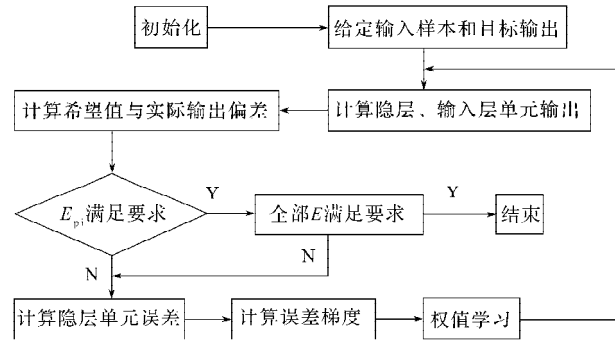


图 3 BP 算法的程序设计框图

Fig. 3 The Program design block diagram of BP algorithm

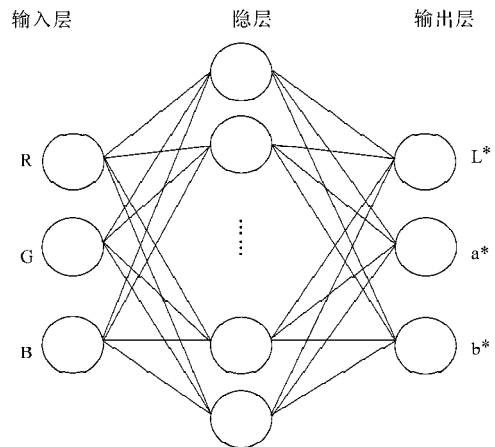


图 4 RGB—Lab 的空间转换 BP 网络结构示意图

Fig. 4 The BP network structure schematic diagram for the color space conversion from RGB to Lab

### 2.3 BP 网络算法的规格化处理

为了加快训练速度, 避免陷入局部极小值和改善其它能量, 需要进行数据规格化处理。当建模数据进行规格化处理之后再被送入网络训练时, 网络得以快速收敛。网络训练采用 BP 神经网络算法<sup>[11]</sup>。以转换 RGB 值数据库中的 R、G、B 值作为输入值和 X、Y、Z 值为输出值, 算法权值和阈值均为  $-0.5 \sim 0.5$  之间的随机数, 根据实际收敛做适当调整; 取小的随机数初始化权系数; 设定迭代次数, 读入数据进行网络训练, 一旦达到指定色块的精度要求就得到了所需要的权系数, 结束训练。

## 3 实验及分析

### 3.1 标准色标

为了评价一个输入系统或创建描述文件, 进行设备的特性化, 需要一些标准的色块作为工具。虽然用户可以自己定义色块, 但 ISO (international standard organization, 国际标准化组织) 定义了一些标准色块, 以使各色彩管理系统之间相互兼容, 可以跨平台使用。其中最重要的一种是以 ISO 12641 标准定义的用于

标定扫描仪输入的物理色标。色标是以物理形式存在的, 使用的材料是彩色透明正片和彩色相纸。该色标由4个部分组成, 即取样颜色区、彩色梯尺区、中性色梯尺和可选区域。

在本次实验中, 所用的色标符合ISO 12641标准的反射稿彩色色标, 它是由AGFA公司于1997年2月制作的IT8.7/2标准色标(以后简称色标), 如图5所示。该色标共有288个色块, 可完整地表达整个颜色空间。同时, 该标准还提供了D50/2°视场的标准空间的 $L^*a^*b^*$ 值(以ASCII码的格式储存), 以此作为建模样本, 并作为转换精度评价的依据。

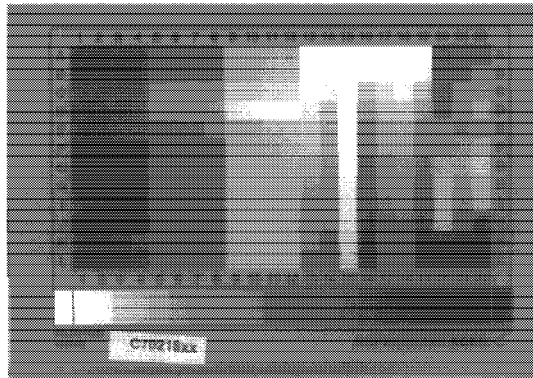


图5 IT8.7/2 标准色标

Fig. 5 IT8.7/2 standard color bar

### 3.2 数据采集

数据采集过程中使用的扫描仪为Topaz平台扫描仪, 扫描软件为LinoColor扫描软件。在缺省状态下扫描IT8.7/2色标, 所有设置均为缺省值, 扫描后的图像以24位R、G、B形式储存的TIFF及BMP图像格式表示。为了保证实验数据的严密性, 在扫描时, 应对每个色块中的各R、G、B值测量3次, 取其平均值作为各色块的R、G、B值。

### 3.3 试验结果和误差分析

试验中, 先取建模样本 $12 \times 7$ 个(即彩色梯尺区)色块的R、G、B值, 以及相应的测量 $L^*a^*b^*$ 值, 分别作为网络输入和输出进行训练, 得到一组初始权值, 之后将全部建模样本送入网络, 并用该初始权值重新训练, 直到满足误差要求为止。转换模型就由训练所得的最终网络权值确定。

为了衡量转换模型的准确性, 这里分别采用建模色差和测试色差做为评价标准。建模色差 $\Delta E_1$ 为由转换模型得到建模样本实际的 $L^*a^*b^*$ 值与经色空间转换模型的 $L^*a^*b^*$ 值之间的色差; 而测试色差 $\Delta E_2$ 为色标中其余30个测试色块的R、G、B值在送入转换模型后计算所得的实际 $L^*a^*b^*$ 值与经色空间转换模型的 $L^*a^*b^*$ 值之间的色差。实验所得建模色差与测试色差见图6、7。表1为具体的测试色差值。

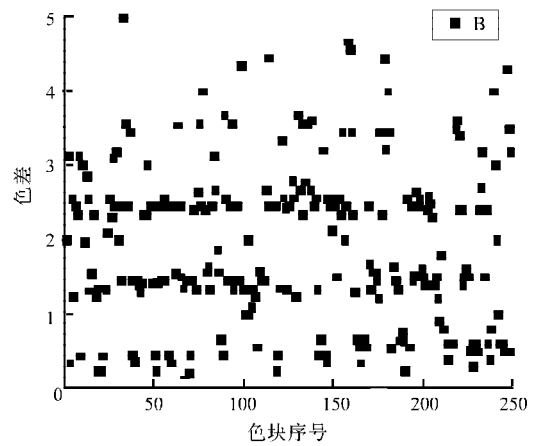


图6 建模色差

Fig. 6 Modeling chromatism

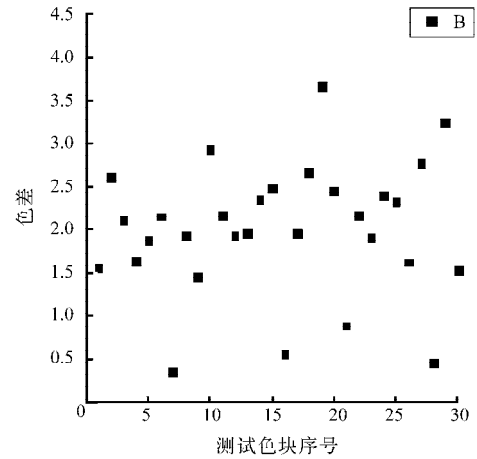


图7 测试色差

Fig. 7 Testing chromatism

表1 测试色差值

Tab. 1 The testing value of chromatism

| 色块<br>序号 | 测试<br>色差 | 色块<br>序号 | 测试<br>色差 | 色块<br>序号 | 测试<br>色差 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1        | 1.56     | 11       | 2.17     | 21       | 0.89     |
| 2        | 2.63     | 12       | 1.94     | 22       | 2.17     |
| 3        | 2.11     | 13       | 1.97     | 23       | 1.90     |
| 4        | 1.64     | 14       | 2.35     | 24       | 2.42     |
| 5        | 1.88     | 15       | 2.49     | 25       | 2.34     |
| 6        | 2.16     | 16       | 0.56     | 26       | 1.63     |
| 7        | 0.34     | 17       | 1.96     | 27       | 2.79     |
| 8        | 1.93     | 18       | 2.67     | 28       | 0.46     |
| 9        | 1.40     | 19       | 3.66     | 29       | 3.25     |
| 10       | 2.94     | 20       | 2.47     | 30       | 1.56     |

由图6所示的建模色块的色差分布情况可看出, 所有建模色块的色差 $\Delta E_1$ 均小于5, 且色差集中分布在1.2~3.5之间; 而由图7所示的测试色块的色差分布情况可看出, 30个测试色块的色差 $\Delta E_2$ 均小于4, 且色差集中分布在1.50~2.50之间(具体数据参见表1)。

因此,本文所建立的 RGB—CIE L\*a\*b\* 的转换模型是成功的。

根据国家标准规定(GB/T 7921-1997),  $\Delta E$  小于 6 NBS 单位时,即可认为视觉等效,试验结果表明,所得转化色差小于国家标准,RGB—CIE L\*a\*b\* 转换模型准确。

#### 4 结语

采用 BP 神经网络法实现了从 RGB 色空间到 CIE L\*a\*b\* 色空间的转换,建立了较好的转换模型,将该模型应用于扫描仪色彩管理中,并结合选取标准色靶梯尺区表示色空间,实验结果表明,新的模型能够胜任工程实际应用中扫描仪的色彩管理任务。采用 BP 神经网络法实现的色空间转换,是一种精确度较高的转换方法,而且编写程序的思路较为简单。BP 网络具有良好的非线性逼近特性,具有较高的转换精度,而且具有普遍性、通用性和一定的学习能力,可以针对不同的情况自动调整,进而提高其色彩转换的精度。但是在 BP 网络设计时,网络层数、隐层的神经元个数、初始值和学习速率等数值的确定都会影响转换结果的精确度。

#### 参考文献:

- [1] 贾丽媛. 影响色彩复制的主观因素[J]. 印刷世界, 2000(8): 23-24.  
Jia Liyuan. The Subjective Factors Impacting on Color Reproduction[J]. Printing World, 2000(8): 23-24.
- [2] 张二虎. CRT 色彩空间转换模型的研究[J]. 印刷技术, 2000(4): 56-58.  
Zhang Erhu. Study of Conversion Model of CRT Color Space [J]. Printing Technology, 2000(4): 56-58.
- [3] 龙永红, 殷进. 颜色空间变换及其在印刷中的应用[J]. 湖南工业大学学报, 2007, 21(6): 8-10.  
Long Yanghong, Yin Jin. Color Space Transformation and Its Application in Printing[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2007, 21(6): 8-10.
- [4] 史瑞芝. 用查表插值法实现 CIE L\*a\*b\* 与 CMYK 颜色空间的转换[J]. 测绘学院学报, 2002(3): 224-226.  
Shi Ruizhi. Translation the CIE L\*a\*b\* Color Space into the CMYK by Looking up Table Interpolation[J]. Journal of Institute of Surveying and Mapping, 2002(3): 224-226.
- [5] 柴冰华, 赵达尊, 廖宁放, 等. 色貌模型的人工神经网络方法的研究[J]. 光学技术, 2005, 31(1): 127-129.  
Chai Binghua, Zhao Dazun, Liao Ningfang, et al. Color Appearance Model Based on Artificial Neural Network[J]. Optical Technique, 2005, 31(1): 127-129.
- [6] Alman D H, Liao Ningfang. Overtraining in Back Propagation Neural Networks: A CRT Color Calibration Example[J]. Color Research & Application, 2002, 27(2): 122-125.
- [7] 黎新伍. 一种基于 BP 神经网络和呈色原理的扫描仪色彩管理新模型[J]. 电子器件, 2007, 30(4): 1432-1435.  
Li Xinwu. Scanner Color Management Model Based on BP Neural Network and Color Rendering Principal[J]. Chinese Journal of Electron Device, 2007, 30(4): 1432-1435.
- [8] 张立明. 人工神经网络的模型及应用[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1993.  
Zhang Liming. Artificial Neural Network Model and Its Application[M]. Shanghai: Fudan University Press, 1993.
- [9] 谢文平, 肖调云. 算法语言与计算方法基础[M]. 北京: 科学出版社, 2005.  
Xie Wenpin, Xiao Tiaoyun. Fundamentals of ALGOL and Calculation Method[M]. Beijing: Science Press, 2005.
- [10] 黎新伍. 基于 Legendre 小波的扫描仪色空间转换研究[J]. 信号处理, 2008(10): 872-875.  
Li Xinwu. Research on Scanner Color Space Conversion Based on Legendre Wavelet[J]. Signal Processing, 2008(10): 872-875.
- [11] 易江义, 周彩霞, 刘楚达. 改进型 BP 神经网络 PID 控制在自动化测试装置中的应用研究[J]. 湖南工业大学学报, 2007, 21(1): 84-88.  
Yi Jiangyi, Zhou Caixia, Liu Chuda. Application Study on Improved BP Neural Network PID Controller in Servomechanism[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2007, 21(1): 84-88.

(责任编辑: 廖友媛)