

基于饱和度优先的 BP 神经网络颜色空间转换模型研究

吕兆锋, 王晓红

(上海理工大学, 上海 200093)

摘要: 利用神经网络算法的非线性转换优势, 构建了基于 BP 神经网络的颜色空间转换正向和反向仿真模型, 提出了数据仿真饱和度优先的方法。通过训练样本的选取、仿真实验和数据分析, 得到了较好的训练效率和转换效果。仿真结果表明, BP 神经网络适合于颜色空间转换, 转换精度较高。

关键词: 颜色空间转换; 神经网络; 算法模型

中图分类号: TS801.3; TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)03-0109-04

Research on Color Space Conversion Model Based on Saturation Priority BP Neural Network

LYU Zhao-feng, WANG Xiao-hong

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Saturation priority method for data simulation was put forward. Forward and reverse simulation model of color space conversion based on BP neural network was constructed using the advantages of neural network in nonlinear conversion. Better train efficiency and conversion effects were obtained through test sample selection, simulation experiment, and data analysis. The simulation results showed that the BP neural network is suitable for color space conversion, and accuracy is higher.

Key words: color conversion; neural network; algorithm model

随着数字化技术发展和开放式印前系统的多样化, 颜色信息在各种软硬件之间的正确传递则变得则越来越重要^[1]。在颜色复制过程中, 由于不同类型设备的呈色机理与色彩范围不同, 不同设备间的颜色传递方式和描述方法的不同以及同一设备在不同时期、不同状态下的颜色表现力不同等诸多不确定因素的存在, 颜色精确复制一直是该领域研究的重点。学者们提出了诸如多项式回归、纽介堡方程及查找表等转换方法^[2]。众所周知, 多项式回归是一种线性空间转换的理想方法, 但它对颜色暗调区复制时偏色较突出; 而纽介堡方程, 由于受到多变的印刷条件的影响, 但其求解过程复杂, 颜色转换误差较大; 使用查找表方法, 则易引起非均匀性色差^[3-4]。

由于 BP 神经网络对处理非线性数据转换上有独

特的优势, 并且自适应学习能力强, 因此笔者通过理论和实验分析, 建立了基于 BP 神经网络的颜色空间转换正向和反向算法模型, 通过数据训练, 从精确度和稳定性方面进行了深入对比分析。仿真结果表明, 将 BP 神经网络算法模型应用于颜色空间转换是可行的, 而且模型仿真效果与转换效率较高。

1 BP 颜色空间转换模型建立

由 BP 神经网络训练步骤可知^[5], 建立基于 BP 的颜色空间转换模型主要考虑的因素有: 网络训练样本选取、隐含层层数及节点数确定和训练函数选择 3 个方面, 因此笔者将从这 3 个方面着手建立颜色空间转换模型。

收稿日期: 2012-11-08

基金项目: 国家新闻出版总署数字印刷研究中心开放基金项目资助

作者简介: 吕兆锋 (1986-), 男, 陕西宝鸡人, 上海理工大学硕士生, 主攻数字印刷及其应用。

通讯作者: 王晓红 (1971-), 女, 陕西汉中, 上海理工大学教授、硕士生导师, 主要研究方向为色彩学与色彩应用、印刷质量检测与控制、数字印刷技术。

1.1 网络训练样本

基于 BP 颜色空间转换模型的网络训练样本选取 ECI2002 色表,该色表是由欧洲颜色促进会(European Color Initiative)开发的一套旨在描述四色印刷特征的输入数据。为确保模型精度,提出了饱和度优先的方法,即将该色表中对应的 CMYK 和 Lab 训练数据源按照色彩饱和度计算方法进行处理,并按照饱和度数据进行从大到小排列,选取前 1286 组数据作为训练样本,后 199 组数据作为模型测试样本。色彩饱和度计算如下公式所示。

$$Ch = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$
 (1)

1.2 网络层数和结点数

理论上,BP 神经网络在隐含层节点数不受限制时,3 层神经网络即可以实现任意的非线性转换^[6-7],因此对颜色空间的转换模型先采用三层网络进行尝试,当隐含层节点数据的增加对数据的非线性拟合没有太大改善时,则进一步考虑增加网络的层数来进一步改善^[8]。对于节点数的确定采用经验公式确定初始值:

$$n = \sqrt{n_i + n_o} + a$$
 (2)

式中:n 表示隐含层节点个数;n_i 表示输入的节点数;n_o 表示输出的节点数;a 为常数,其区间为[1, 10]。

1.3 网络训练函数

在颜色转换评价中,色差是其中重要的指标之一,当前主流色差公式为 DE2000^[9],因此,为了选择合理的网络训练函数,文中对常用的几个训练函数分别进行网络训练后获得其对应的 Lab 数值,通过 DE2000 色差计算,进而对各训练函数性能做出评价,数据记录见表 1。

表 1 不同训练函数检验样本色差对比

Tab.1 Color difference contrast of the train functions on test samples

训练函数	平均色差	最大色差	最小色差	均方差	时间/s
Trainlm	1.16	3.45	0.11	0.2	67
Trainscg	1.06	3.46	0.08	0.27	309
Traingd	9.32	17.9	1.44	13.5	235
Traincgd	1.35	6.34	0.17	0.83	145

由表 1 分析可知,Trainlm 和 Trainscg 精度相当,但 Trainlm 能尽快收敛到设定值,因此本网络模型选择 Trainlm 作为颜色空间转换模型训练函数。

2 BP 颜色空间 CMYK 到 Lab 模型实现

2.1 模型训练

通过模型数据分析,确定用于 CMYK 到 Lab 神经网络模型为 14-14-4,其模型训练精度见图 1,函数调

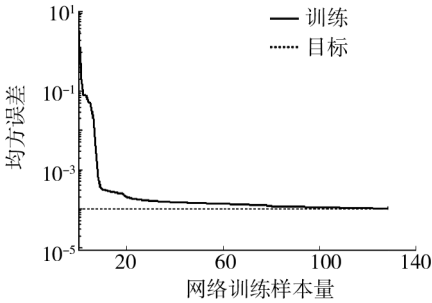


图 1 CMYK 到 Lab 网络训练误差

Fig. 1 Training result of CMYK to Lab model

用与参数设置为: net = newff(minmax(inputn), [14, 14, 3], { 'tansig', 'tansig', 'purelin' }, 'trainlm')。

2.2 实验结果仿真与分析

对已构建的 BP 网络 CMYK 到 Lab 模型,将对应的测试样本数据,经过仿真函数 sim() 测试输出,获取该模型下输出的 Lab 颜色分量信息,仿真预测 Lab 值与实际对应的 Lab 值拟合结果及仿真测试色差分布分别见图 2 和 3。

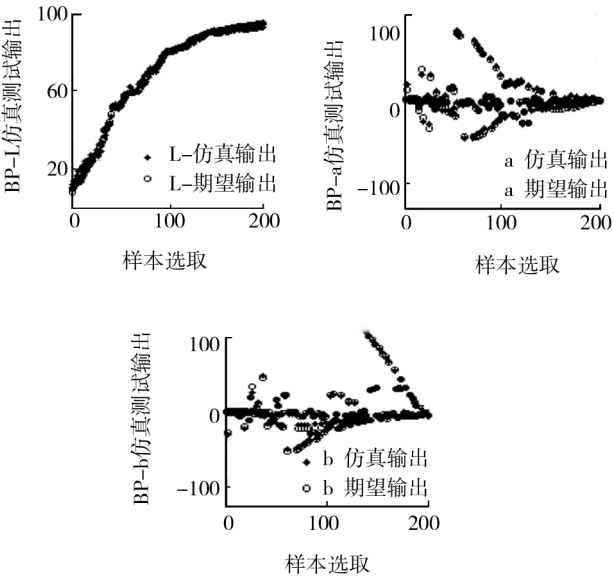


图 2 CMYK 到 Lab 模型仿真测试 Lab 各分量输出

Fig. 2 The simulation test Lab components output for CMYK to Lab model

由图 2 可知,对输入的 CMYK 值,所建立的 BP 神经网络 CMYK 到 Lab 模型能很好地预测出相应的 Lab 值,拟合程度较高。

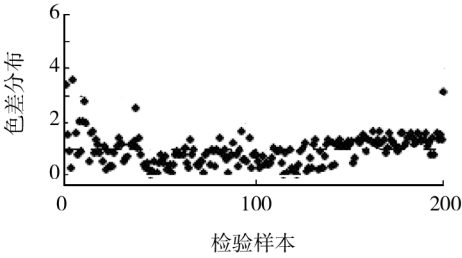


图 3 CMYK 到 Lab 模型检验样本色差分布
Fig. 3 Color difference distribution of verification sample for CMYK to Lab model

由图 3 可知,所有检验样本色差都基本分布在 3.5 以内,符合人眼视觉对颜色色差需控制在 5 以内的要求。这进一步说明,所建立的网络模型的正确性和有效性。经过数据统计,模型测试平均色差为 0.9638,最小色差为 0.2960,转换精度较高。

3 BP 颜色空间 Lab 到 CMYK 模型实现

3.1 模型训练

通过模型数据分析,最终确定用于 Lab 到 CMYK 神经网络模型为 12-15-15-14-4,其模型训练精度见图 4,函数调用与参数设置为:

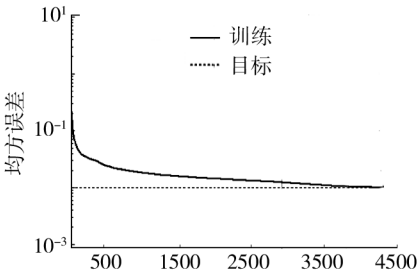


图 4 Lab 到 CMYK 模型网络训练误差
Fig. 4 Training result of Lab to CMYK model

net = newff(minmax(inputn), [12, 15, 15, 14, 4],
{ 'tansig', 'tansig', 'tansig', 'tansig', 'purelin' }, 'trainlm')。

3.2 实验结果仿真与分析

对已构建的 BP 网络 Lab 到 CMYK 模型,将对应的测试样本数据,经过仿真函数 sim() 测试输出,获取该模型下输出的 CMYK 颜色分量信息,仿真预测

CMYK 值与实际对应的 CMYK 值拟合结果见图 5。

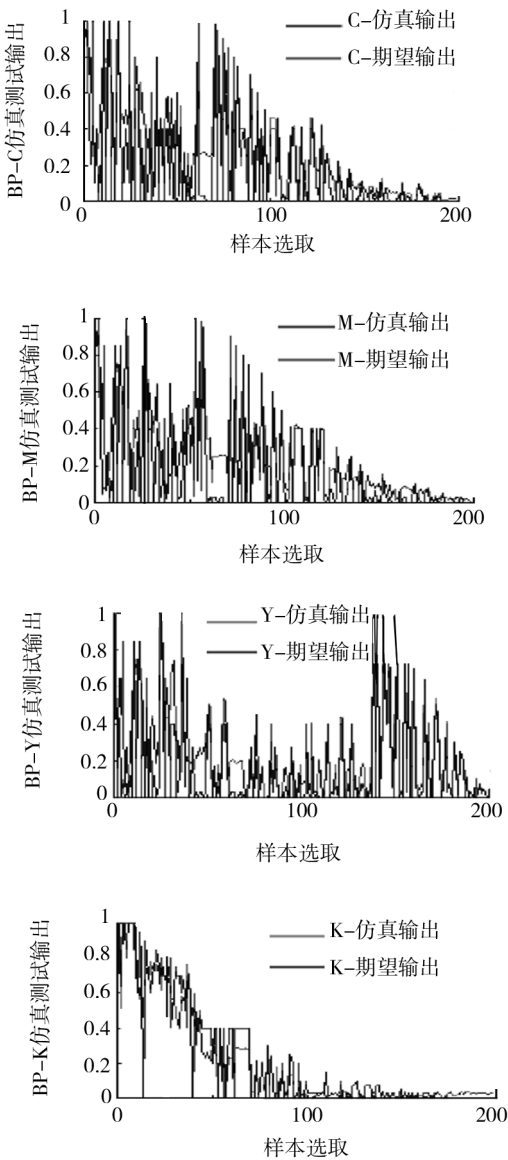


图 5 Lab 到 CMYK 模型的仿真测试 CMYK 各分量输出
Fig. 5 The simulation test CMYK components output for Lab to CMYK model

由图 5 可以看出,对输入的 Lab 值,所建立的 BP 神经网络 Lab 到 CMYK 模型还是能够比较好的预测出相应的 CMYK 值,由于颜色空间由 Lab 到 CMYK 存在一对多的情况,因此在颜色偏差范围内,该网络模型能够较好的实现色空间转换,进而预测输出值。将预测得到的 199 组 CMYK 数据通过四面体插值算法转换为 Lab 值,通过 Matlab 编写 DE2000 色差公式,获取实际 Lab 与预测 CMYK 转换 Lab 之间的色差值,其仿真测试色差分布见图 6。

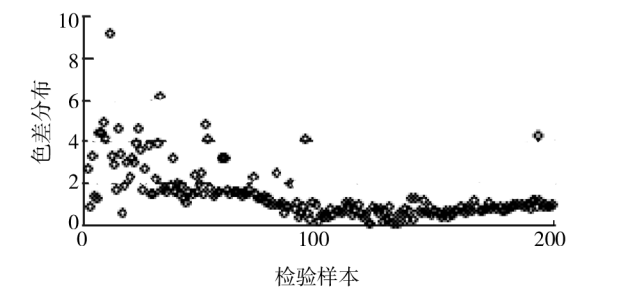


图6 Lab 到 CMYK 模型检验样本色差分布

Fig. 6 Color difference distribution of verification samples for Lab to CMYK model

由图 6 经统计可知, 色差在 5 以内的比例为 98%, 色差在 3 以内的比例为 89.9%, 基本符合人眼视觉对颜色色差的要求, 转换结果说明了网络模型的有效性。经过数据统计, 模型测试平均色差为 1.4280, 最小色差为 0.0625, 转换精度较高。

将提出的 BP 神经网络数据仿真饱和度优先的方法的颜色空间转换算法, 与前人总结出的多项式回归和修正后的组介堡方程分色算法色差进行对比, 见表 2。

表 2 DE76 公式下 Lab 到 CMYK 模型的色差分布

Tab.2 Color difference distribution for Lab to CMYK model based on DE76

转换算法	平均色差
多项式回归	1.8120
修正组介堡方程	3.1250
提出的优化算法	1.4280

由表 2 可知, 转换算法精度较高, 符合颜色空间转换要求。

4 结论

利用 BP 神经网络在非线性转换方面的优势, 建立了基于 BP 神经网络的颜色空间转换正向和反向仿真模型, 通过网络参数确定及样本训练和实例仿真, 得到了较好的训练效率和转换效果。通过 ECI2002 色表采样的色空间样本数据实例验证可知, 将 BP 神经网络模型应用到颜色空间转换中是可行的, 而且无论是 CMYK 到 Lab 正向转换还是 Lab 到 CMYK 反向转换, 都能达到较好的转换精度。

参考文献:

[1] 徐咏池. 人工神经网络在印刷工程领域的应用[J]. 印刷杂志, 2007(12): 44.
XU Yong-chi. Neural Network Application in Printing Field [J]. Printing Journal, 2007(12): 44.

[2] 李丽霞, 张逸新. 神经网络在色空间转换中的应用[J]. 包装工程, 2011, 32(9): 108.
LI Li-xia, ZHANG Yi-xin. Neural Network Application in the Color Space Conversion [J]. Packaging Engineering, 2011, 32(9): 108.

[3] 刘金琨. 先进 PID 控制 MATLAB 仿真[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
LIU Jin-kun. Advanced PID Control MATLAB Simulation [M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2004.

[4] 柴冰华, 赵达尊, 廖宁放. 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 Bing-hua, ZHAO Da-zun, LIAO Ning-fang. Color Appearance Model Based on Artificial Neural Network [J]. Optical Technique, 2005, 31(1): 127-129.

[5] 范增华, 高军, 李长涛. 基于神经网络的墨量控制算法的研究[J]. 包装工程, 2010, 31(19): 28-31.
FAN Zeng-hua, GAO Jun, LI Chang-tao. Study of Ink Control Algorithm Based on Neural Network [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(19): 28-31.

[6] CHENG H D, CAI Xiao-peng, RUI Min. A Novel Approach to Color Normalization Using Neural Network [J]. Neural Computer & Application, 2009(18): 237-247.

[7] LI Yan-wen, LI Meng, LU Ying-hua. A New Text Detection Approach Based on BP Neural Network for Vehicle License Plate Detection in Complex Background [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2007, 4492: 842-850.

[8] 陈路, 李小东. 基于 BP 神经网络的 CMY 到 XYZ 颜色空间转换算法研究[J]. 包装工程, 2007, 28(7): 63-64.
CHEN Lu, LI Xiao-dong. Research of Algorithm Transforming CMY to XYZ Color Space Based on BP Neural Network [J]. Packaging Engineering, 2007, 28(7): 63-64.

[9] 张德丰. MATLAB 神经网络应用设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
ZHANG De-feng. MATLAB Neural Network Application and Design [M]. Beijing: Machine Engineering Industry Press, 2009.