神经网络在色空间转换中的应用

李丽霞，张逸新
（江南大学，无锡 214122）

摘要：通过运用 MATLAB7.8 进行了 BP 和 RBF 的数值仿真，并作出了二者的转换误差图，研究了采用 BP 和 RBF 神经网络方法进行色空间转换的精度差异问题。结果表明：BP 神经网络由于本身收敛速度慢及训练无记忆性等缺陷，整体性能低于 RBF 神经网络，即用 RBF 来解决色彩管理中的色空间转换问题更符合要求。

关键词：印刷；色空间；前馈神经网络(BP)；径向基神经网络(RBF)
中图分类号：TS801.8；TS801.3 **文献标识码**：A **文章编号**：1001-3563(2011)09-0108-03

Application of Neural Network in Color Conversion

LI Li-xia, *ZHANG Yi-xin*
(Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: BP and RBF neural network was applied in color space conversion with MATLAB 7.8 and the relevant conversion error diagrams were drawn. The accuracies of color space conversion by BP and RBF neural network were compared. The results showed that RBF neural network has better accuracy than BP because BP has the bug of slow convergence speed and lack of memory; RBF neural network can better solve problems of color space conversion of color management.

Key words: printing; color space; BP; RBF

印刷工作流程中，涉及到许多图像设备，为使产品符合高质量要求，做好设备间的色彩管理至关重要。色彩管理包括校正、特征化、颜色转换，其中颜色空间的转换最为复杂，因此色空间转换的准确性对色彩管理起着至关重要的作用。目前色空间转换主要有 4 种方法：矩阵模型法、多项式回归算法、查找表法和神经网络法，其中神经网络方法无论从精度还是从复杂度上来讲都占有优势[1-4]。

笔者采用 2 种不同的神经网络 BP 和 RBF 来分别实现 RGB-Lab 色空间的转换。BP 和 RBF 神经网络为目前使用最普遍的 2 种神经网络，2 种网络都具备以任意精度逼近非线性函数的特点[5]。研究比较 2 种方法的转换精度及收敛特性，转换精度越高对色彩转换也就越准确。

1 BP 和 RBF 神经网络

人工神经网络是借助于大脑神经元电化学活动抽象出来的一种多层网络活动，具有很强的处理非线性能力。色空间转换是从与设备有关的 RGB 色空间转换到与设备无关的 Lab 色空间，这个转换是一个非线性的过程，因此用神经网络处理更符合这种转换特性。

1.1 BP 神经网络

BP 神经网络可以实现从输入到输出的任意非线性映射，由输入层、隐层和输出层组成，输入层函数通常为 Sigmoid 函数，通过误差反向传播准则训练网络，使得输入输出样本达到最大程度上的拟合。BP 网络的学习分为正向和反向 2 个过程，正向训练过程达不到期望输出时通过误差的反向传播来调整修正网络权值，直至期望值和目标值的误差达到可接受范围内为止。

设输入样本为 P，输出样本为 T，根据 BP 网络原理[5]，隐层输出为：

$$b_j = f(\sum w_{ij} a_i - \theta_j) \quad (1)$$

输出层输出为：$c_t = f(\sum w_{jt} b_j - \theta_t)$ (2)

其中：b_j 为隐层第 j 个神经元实际输出；c_t 为输出层第 t 个神经元的实际输出；w_{ij} 为输入层至隐层的连

收稿日期：2010-12-15
作者简介：李丽霞(1985－)，女，河南人，江南大学硕士生，主攻印刷控制技术、色彩管理。

接权；w_{jt} 为隐层至输出层的连接权；θ_j 和 θ_t 分别为隐层和输出层的阈值。若期望输出为 t_k，则误差为：

$$E=1/2\sum(c_t-t_k)^2 \quad (3)$$

式中：E 表示模型期望输出与实际计算输出之间的误差，E 越小则网络的计算精度越高。

BP 神经网络采用梯度下降算法来训练样本，结构简单，见图 1，在各种领域都得到了广泛的应用，但

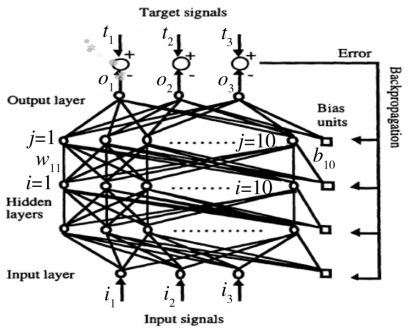

图 1　BP 神经网络模型结构

Fig. 1 Structure of BP neural network

是它存在收敛速度慢、训练时间长、容易陷入局部最小、网络无记忆性等缺陷[3]，因此许多文章都在研究如何优化 BP 算法来克服它的不足[2]。

1.2　径向基(RBF)神经网络

径向基函数(Radial Basis Function)神经网络由 3 层组成，见图 2。输入层节点只传递输入信号到隐

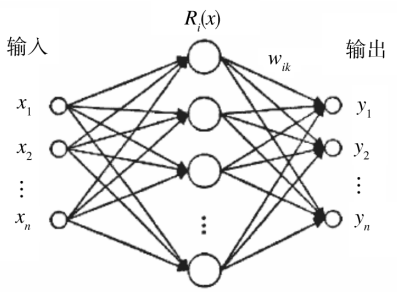

图 2　RBF 神经网络模型结构[6]

Fig. 2 Structure of RBF neural network

层，隐层节点由像高斯函数那样的辐射状作用函数构成，对输入信号产生局部响应，因此具有局部逼近能力，RBF 收敛速度快并且理论上可以以任意精度逼近非线性函数。

径向基的函数有几种，都是径向对称的，其中最常用的是高斯函数：

$$R_i(x)=\exp[-\|X-C_i\|^2/(2\sigma_i^2)] \quad (i=1,2,\cdots,m)$$

式中：X 是维输入向量；C_i 是第 i 个基函数的中心；σ_i 是第 i 个感知的变量，它决定了基函数围绕中心点的宽度，随着 $\|X-C_i\|$ 的增大，$R_i(x)$ 迅速衰减到零，因此 RBF 为局部逼近[5]。

2　BP 与 RBF 网络转换误差分析

理论上 BP 和 RBF 神经网络都能以任意精度逼近非线性函数，因此都可以用来做色空间中 RGB-Lab 的转换，差别在于二者采用了不同的隐层函数及算法，为比较二者的转换性能，实验数值采用 IT8 数据作为训练和测试样本，其中奇数行作为训练样本，偶数行作为测试样本。

2.1　BP 神经网络设计

改变网络的神经元数相对增加隐层数容易，因此网络采用一个隐层多神经元的结构来训练样本，为了防止网络陷入局部最小，加入动量优化算法，网络设计如下：

```
net=newff(PN1,TN1,[30,3],{'tansig','purelin'},'traingdm');
net.trainParam.max_fail = 200; %所允许的最大失败数
net.trainParam.lr = 0.01;
net.trainParam.mc = 0.9;
net.trainParam.epochs = 10000;
net.trainParam.goal = 0.001; %想要达到的训练精度
```

2.2　RBF 神经网络设计

径向基神经网络分为：精确设计函数(newrbe)；神经元数等于训练样本数、普通设计函数(newrb)；神经元数随着训练过程自动添加直到最大值，最大值默认为最大训练样本数。为使网络设计更全面化，采用 switch-case 语句来控制网络对 2 种函数的选择，参数多采用默认值：

```
goal = 0.001;
spread = 1;
MN = size(PN1,2); %最大神经元数(默认为训练样本数)
DF = 1; %显示间隔
net = newrb(PN1, TN1, goal, spread, MN, DF);
net = newrbe(PN1,TN1 ,spread)
```

2.3 BP 与 RBF 网络性能比较

通过 MATLAB7.8 分别对 BP 和 RBF 网络进行训练和测试，并作出二者的训练图，见图 3。

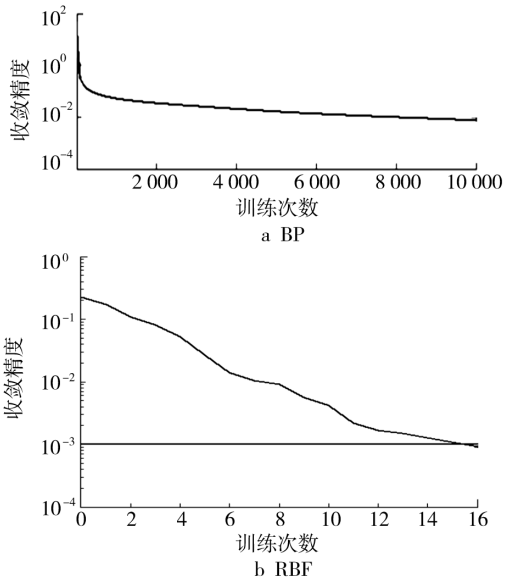

图 3 2 种神经网络的收敛性能

Fig. 3 Convergent performance BP and RBF

比较 2 个网络的收敛性，在设定相同精度的前提下，BP 神经网络至少需要 1 万个训练周期，并且达不到所需精度，而 RBF 神经网络只需要在很短时间内十几个周期就达到了精度要求，所以，RBF 无论在时间上还是收敛性能上都优于 BP 神经网络。再通过测试样本对网络的测试，得到在 RBF 网络测试图中，期望点与计算点重合的点数明显多于 BP 测试图中的点数。二者的平均误差见图 4。

可见，通过对训练的网络进行测试，BP 平均误差 $\Delta E=5.5727$，某些点处误差远远大于平均误差，不符合稳定性要求，而且由于 BP 网络的无记忆性，几乎每次训练所得结果都不同，给应用带来了不方便性。

RBF 神经网络平均误差 $\Delta E=3.3830$，训练过程中网络自动增加神经元到 16 就已达到精度要求，小于 BP 的 30 个神经元，并且由于网络可以根据需要自动增加神经元，这就在一定程度上降低了工作量，增加了可靠性。

为了方便对 BP 和 RBF 2 个神经网络作出比较，实验过程中样本选择方法等都采用同样的数目，若单独对 RBF 网络来进行研究效果会更好。

综上所述，RBF 神经网络不但在精度还是网络结构方面都优于 BP 网络。由于网络的自动调节神经元功能因此可实现任意的精度逼近，但是随着样本的增多神经元数也会增加，这就加大了网络的计算复杂度，因此训练样本不宜过多。

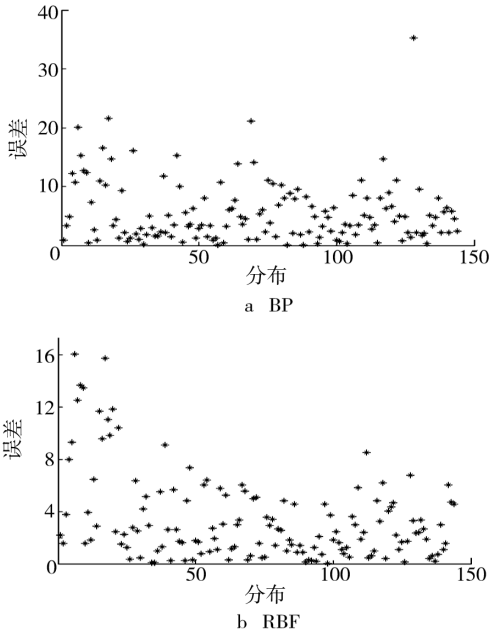

图 4 2 种神经网络的测试样本平均误差

Fig. 4 Mean error of testing data by BP and RBF

3 结论

研究了 BP 和 RBF 神经网络计算方法在色空间转换过程中的效率与误差，研究表明 RBF 神经网络算法不仅计算用时少，而且转换平均误差小，因此采用 RBF 神经网络来对 RGB-Lab 转换更符合精度要求，从而也能得到更符合质量要求的印刷品。

参考文献：

[1] SHOJI Tominaga. Color Conversion Using Neural Networks [J]. SPIE, 1998, 66: 3300.

[2] LI Xiao-yuan. A New Improved BP Neural Network Algorithm[J]. IEEE, 2009(1): 19－22.

[3] 高雪鹏. BP 网络改进算法的性能对比研究[J]. 控制与决策, 2001, 16(2): 167－171.

[4] 吴桂芹. 设备特征化方法的研究[J]. 包装工程, 2008, 29(9): 70－72.

[5] 闻新. MATLAB 神经网络仿真与应用[M]. 北京：科学出版社, 2003.

[6] 张群. 径向基函数神经网络的色空间转换模型的研究[D]. 南京：南京林业大学, 2009.

[7] 许宝卉. 彩色 CRT 色彩特性及色彩空间转换方法的研究[D]. 西安：西安理工大学, 2005.