

# 颜色空间变换及其在印刷中的应用

龙永红, 殷进

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412008)

**摘要:** 提出一种基于人工神经网络的 LAB—CMYK 颜色空间变换方法: 在原稿三原色 (RGB) 图像中选取  $N$  个像素点, 转换到 LAB 空间, 由印刷分版机对原图进行黄 (Y)、品红 (M)、青 (C)、黑 (K) 4 色分版, 得到  $N$  个像素点对应的黄、品红、青、黑值, 建立训练样本集, 应用人工神经网络建立 LAB—CMYK 颜色空间的映射关系。

**关键词:** 颜色空间变换; 印刷复制; 神经网络

**中图分类号:** TP391

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2007)06-0008-03

## Color Space Transformation and its Application in Printing

Long Yonghong, Yin Jin

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

**Abstract:** A novel LAB—CMYK color space transformation approach based on ANN for printing industry application is proposed. RGB values of  $N$  pixels and their CMYK values are extracted from the original image to form the data base for ANN training. The mapping relation between CMYK value and LAB color space can be obtained directly, which can be applied for printed image inspection. Compared with other algorithm, it takes advantage of high adaptability, fast processing and high accuracy.

**Key words:** color space transformation; printing reproduction; artificial neural network

在印刷流程中, 必须经过颜色分解, 把彩色原稿分解为黄、品红、青、黑 4 种颜色, 并根据印刷的需求对它们进行阶调、颜色、清晰度的调整, 然后再加网处理, 最后经印刷设备逐色叠印在承印物上完成颜色合成, 得到最终的彩色印刷品, 实现色彩的还原与再现。<sup>[1,2]</sup>

颜色空间转换模型广泛地应用于印刷实践中, 它是印刷复制的主要理论依据, 提供与印刷质量紧密相关的各色版网点参数和印刷品最终的视觉效果之间的数学模型; 一方面, 可用于印刷过程计算机配色; 另一方面, 可用于印刷后, 对印刷品质量检测。<sup>[3]</sup>

本文提出一种基于人工神经网络的 LAB—CMYK 颜色空间变换方法。该方法既可用于实现印刷前的分版, 又可实现印刷后图像质量的检测。

## 1 颜色空间

1) RGB 颜色空间: RGB 模式是一种加色模式, RGB 颜色空间是扫描仪和显示器常用的一种色彩空间。如显示器通过红、绿和蓝色荧光粉发射光线, 红、绿、蓝 3 种色相叠加, 产生彩色。

尽管面向硬件的 RGB 颜色空间对实时应用非常有吸引力, 但从彩色不变量角度来说它有缺点。由于在 3 个颜色分量中都包含一定波长光源的亮度信息, 光源亮度的变化同时影响三基色分量。因此, 它不适宜应用于图像转换。

2) CIE XYZ 与 CIE LAB 颜色空间: 国际色彩联盟 (简称 ICC) 选择 CIE LAB 和 CIE XYZ 作为色彩管理的设备无关颜色空间。由于系统具有较大色域范围, 任

收稿日期: 2007-08-26

基金项目: 湖南省教育厅科研基金资助项目 (05C522)

作者简介: 龙永红 (1968-), 男, 湖南攸县人, 湖南工业大学教授, 硕士生导师, 主要研究方向为图像处理。

何设备呈现的颜色都可以映射到其中, 并且系统有完善的定义和研究基础。

CIE XYZ 颜色空间是建立在人眼感色性的基础之上的。 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 不是物理上的真实色, 是假想的理想三原色。XYZ 颜色空间所形成的颜色三角形将整个光谱色变成了XYZ 颜色色域的域内色, 其形成的三角形包含了整个光谱轨迹, 光谱轨迹上以及轨迹以内的色度坐标都是正值。

CIE LAB 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体系, 它不随设备的不同而变化。CIE LAB 是经 XYZ 颜色空间非线性变换而来的, LAB 从亮度或其明度成分 ( $L$ ) 及以下 2 个色度成分的角度描述颜色: a) 绿色和红色; b) 蓝色和黄色。LAB 色彩模型用 3 组数值表示色彩。<sup>[4]</sup>

## 2 颜色的合成

彩色印刷利用缀有网点的黄、品红、青三原色和黑色再现颜色。

### 2.1 网点的并列

彩色印刷品的亮调部分在黄、品红、青、黑各块印版和原稿亮调相对应部位的网点覆盖率都比较小, 网点分布稀疏, 因而印刷品亮调部分的网点大多处于并列状态。

### 2.2 网点的叠合

彩色印刷品的暗调部分在黄、品红、青、黑各块印版和原稿暗调相对应部位的网点覆盖率都比较大, 网点密集, 因而印刷品暗调部分的网点大都处于叠合状态。当黄色网点叠合在青色网点上时, 白光先照射到黄色网点上, 白光中的蓝光被吸收, 红光、绿光透射到青色网点上, 红光被青色网点吸收, 透过青色网点照射到白纸, 再从纸面上反射出来的只有绿光, 人眼看到的是绿色; 同样道理, 品红和青色网点叠合, 人眼看到的是蓝色, 品红网点和黄色网点叠合, 看到的是红色。黄、品红、青三色网点叠合在一起时, 白光中的蓝、绿、红光均被吸收, 人眼看到的是黑色。

网点叠合再现颜色的方式受到油墨透明度的影响, 透明度低的油墨呈色效果不好, 完全不透明的油墨只能作为第一色印刷。印刷品的中间调部分, 层次丰富, 颜色合成的方式既有网点并列又有网点叠合。根据网点并列和网点叠合再现颜色的原理可以知道, 油墨吸收色光的多少、墨层的薄厚、油墨的色浓度、印刷的顺序, 均会影响颜色再现的效果。一般的分色过程包括 3 个步骤:

1) 建立颜色的色度值与所需油墨量之间的对应关系, 完成对颜色特征的取样。这一步的完成需要根据所使用的油墨、纸张等印刷条件, 来实际印刷一组不同油墨组合的标准色样, 不同印刷条件会得到不同的

原始数据。这样就能得到覆盖印刷油墨整个色域范围的色样, 如 ANSI T8.7/3 色标, 它是美国国家标准, 来为四色印刷的颜色特征采集原始数据。

2) 建立印刷的数学模型。印刷模型是由一系列数学方程式构成的。当给定一组油墨量组合时, 就可以通过该模型计算出最终的色度值, 所以印刷模型可以起到颜色预测的目的, 常常又被称为颜色预测模型。最常用的印刷模型有 Neugebauer 方程等。

3) 印刷模型的反向转换。分色过程实际上是已知一个颜色, 通过模型反向计算出 CMYK 每个色版的网点百分比。这里的反向计算通常都是通过复杂的迭代运算实现的。

## 3 基于人工神经网络 RGB—CMYK 颜色空间转换方法

在印刷中, RGB—CMYK 颜色空间的转换方法是多样的。由于不同配色方案采取不同的  $K$  值算法, 且存在油墨和纸张的差异, 所以, 在实际应用中 RGB—CMYK 颜色空间的转换是非线性、不确定的。

人工神经网络具有如下特点<sup>[5]</sup>:

- 1) 可以充分逼近任意复杂的非线性关系;
- 2) 所有定量或定性的信息都等势分布贮存于网络内的各神经元, 故有很强的鲁棒性和容错性;
- 3) 采用并行分布处理方法, 使得快速进行大量运算成为可能;
- 4) 可学习和自适应不知道或不确定的系统;
- 5) 能够同时处理定量、定性知识。

人工神经网络的模糊性、高速并行处理 (硬件) 和非线性映射等特点与颜色空间转换过程的特点吻合。

本文采用基于人工神经网络的 LAB 颜色空间到 CMYK 颜色空间的非线性变换算法 (参见图 1), 采用线性算法, 将 RGB 颜色空间先转换到 XYZ 颜色空间, 然后利用人工神经网络, 建立 LAB—CMYK 的映射关系, 学习样本数据, 得到印刷中的 CMYK 四色分版。



图 1 颜色空间的转换算法

Fig. 1 Algorithm of color space transformation

首先将 RGB 颜色空间中的  $R$ 、 $G$ 、 $B$  值按下面的方程转换为 XYZ 颜色空间的  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  值:

$$X = a_{11}R + a_{12}G + a_{13}B;$$

$$Y = a_{21}R + a_{22}G + a_{23}B;$$

$$Z = a_{31}R + a_{32}G + a_{33}B。$$

根据成像硬件使用的颜色计量参数, 确定系数  $a_{ij}$ ,  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  值能表示任何一种颜色。有了  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  值, LAB 色彩空间定义如下:

$$L^* = 16(Y/Y_n)^{1/3} - 16, \text{ if } Y/Y_n > 0.008 856;$$

$$L^* = 903.3(Y/Y_n), \text{ if } Y/Y_n \leq 0.008 856;$$

$$a^* = 500 \left[ \left( \frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right];$$

$$b^* = 200 \left[ \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left( \frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right].$$

$X_n$ ,  $Y_n$ ,  $Z_n$  分别是  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  值适当地靠近参考白色的值。

用 BP 神经网络来完成 LAB—CMYK 颜色空间转换算法。首先, 选定一个图像的样本数据 RGB 转换为 LAB 值作为神经网络的输入样本, 再将由样本测试点得到的 CMYK 值作为神经网络的监督值来进行网络的训练。网络的输入层有 3 个神经元, 即  $L^*$ ,  $A^*$ ,  $B^*$ , 输出层有 4 个神经元, 即  $C$ ,  $M$ ,  $Y$ ,  $K$ , 网络中间层即隐藏层的层数是可变的。

设样本集:  $S = \{(X_1, Y_1), (X_2, Y_2) \dots (X_k, Y_k)\}$ ,

BP 算法: 根据样本集中的样本数据  $(X_i, Y_i)$  逐一地计算出实际输出  $O_i$  和误差测  $E_i$ , 对权重  $W_1, W_2, \dots, W_L$ , 进行调整, 重复这个循环, 直到  $\sum E_p < \varepsilon$ 。

用输出层的误差高速输出层权重矩阵, 并用此误差估计输出层的直接前导层的误差, 再用输出层前导层误差估计更前一层的误差。如此获得其它所有各层的误差估计, 并用这些估计值实现对权矩阵的修改, 形成将输出端表现出的误差沿着与输入信号相反的方向逐级向输入端传递的过程。

具体训练步骤如下:

1) 建立样本集: ( $X_p$  为输入向量,  $Y_p$  为理想输出向量), 通过对一幅图像采集  $N$  个点的样本, 取得  $L^*$ 、 $A^*$ 、 $B^*$  和  $C$ 、 $M$ 、 $Y$  和  $K$  的值, 形成数据库。

2) 向前传播阶段:

①从样本集中取一个样本, 输入网络;

②计算相应的实际输出  $O_p$ ,

$$O_p = F_L \left( \dots \left( F_2 \left( F_1 \left( X_p W^{(1)} \right) W^{(2)} \right) \dots \right) W^{(L)} \right).$$

3) 向后传播阶段——误差差传播阶段:

①计算实际输出  $O_p$  与相应的理想输出  $Y_p$  的误差;

②按极小化误差的方式调整权矩阵;

③网络关于第  $p$  个样本的误差测度,

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m (Y_{pj} - O_{pj})^2;$$

④网络关于整个样本集的误差测度,  $E_p = \sum_P E_p$ 。

## 4 结语

由于神经网络具有自学习、自组织、自适应能力, 有很强的容错能力以及高度的非线性表达能力, 并能有效地解决许多实际问题, 符合颜色空间变换和彩色图像处理的特点。基于人工神经网络的 LAB—CMYK 颜色空间的非线性转换方法可以在印刷领域得到广泛地应用。

## 参考文献:

- [1] 吴小培, 周荷琴, 冯焕清. 基于神经网络的纹理图像生成[J]. 中国图象图形学报: A 版, 2000, 5(6): 484-488.
- [2] 曹爱军, 史杏荣, 孙贞寿, 等. 基于多层神经网络的交叉线自动识别[J]. 中国图象图形学报: A 版, 2000, 5(2): 149-152.
- [3] Ichirou Ishimaru, Seiji Hata, Masayoshi Hirokari. Color-defect Classification for Printed-Matter Visual Inspection System[C]// Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Control and Automation. Shanghai: Tongji University of Publishing Company, 2002: 3261-3265.
- [4] 桑农, 张天序, 曹治国. 基于神经网络的边缘强度互相关匹配可信度分析[J]. 中国图象图形学报: A 版, 2000, 5(7): 580-584.
- [5] Verikas A, Malmaqvist K, Bergman L. Neural Networks Based Colour Measuring for Process Monitoring and Control in Multicoloured Newspaper Printing[J]. Neural Comput & Applic, 2000(9): 227-242.