

基于 BP 网络的色彩匹配方法研究

郭茂祖¹⁾ 王亚东¹⁾ 苏晓红¹⁾ 王兴起²⁾

¹⁾ 哈尔滨工业大学计算机科学与工程系 哈尔滨 150006)

²⁾ 浙江大学计算机科学与工程系 杭州 310027)

摘 要 提出了一种基于 BP 网络的色彩匹配方法,它既解决了 RGB 色彩空间到 CMYK 色彩空间的非线性转换关系,又可用于其它的色彩空间转换.首先,给出样本数据的选取和转换方案,并结合色彩匹配的特点,利用迭代自组织数据分析算法实现对样本数据的动态聚类.其次,在将 BP 网络用于色彩匹配的过程中,设计了合理的网络结构,并对训练数据进行了规格化处理.最后,讨论了网络训练及测试情况以及在打印应用中的效果.

关键词 色彩匹配,动态聚类,BP 算法,色彩一致性

中图法分类号: TP391

Research of Color Matching Method Based on BP Network

GUO Mao-Zu¹⁾ WANG Ya-Dong¹⁾ SU Xiao-Hong¹⁾ WANG Xing-Qi²⁾

¹⁾ Department of Computer Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006)

²⁾ Department of Computer Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract Color matching method is one of the key technologies in the computer graphics and image processing fields. A color matching method based on BP network, BP_CMM, is presented in this paper and it not only can solve the nonlinear conversion form RGB color space to CMYK color space but also can be applied to complete conversion between other two different color spaces. Firstly, the selecting criterion and the transforming method of sample data are given, and clustering the sample data is achieved with the iterative self-organizing data analysis technique algorithm relating to the properties of color matching. Then, in the course of applying BP network to color matching method, designing the reasonable network structure and standardizing the data are discussed. Finally, the network training and testing results are given and the experimental results show that BP_CMM is satisfactory.

Keywords color matching method, clustering, BP algorithm, color consistency

1 引 言

色彩匹配方法(Color Matching Method, CMM)研究不同的色彩空间之间的对应关系,可用于图像的显示输出与打印输出,具有重要的理论意义和实用价

值.然而,由于色彩空间大小的不一致等原因使得色彩空间之间的关系非常复杂,寻找一个好的色彩匹配方法相当困难.

传统的色彩匹配方法有一维非线性法、线性或矩阵转换法、多维表转换法、Neugebauer 方程法等.这些技术主要是建立在理想的纯理论方法上的,在

收稿日期:1999-08-09,修改稿收到日期:2000-06-05.本课题得到国家自然科学基金(69975005)和哈尔滨工业大学校基金资助.郭茂祖,男,1966年生,获博士学位,副教授,主要研究领域为机器学习、非数值并行算法、色彩匹配技术等.王亚东,男,1964年生,副教授,主要研究领域为专家系统、知识获取.苏晓红,女,1966年生,副教授,主要研究领域为计算机图形学等.王兴起,男,1974年生,博士研究生,主要研究领域为人工智能.

实际应用中要依靠经验重新调整,它们具有打印过程透明性差,打印质量低劣,打印速度慢等缺点^[1-3].文献[4]利用机器学习中的科学发现理论实现色彩空间的转换,具有一定的通用性和学习能力,取得了较好的打印效果,但由于 RGB \rightarrow CMYK 的转换关系是一种非线性转换关系,文献[4]所建立的是一种线性转换模型,因此,为逼近这种非线性转换关系,仍避免不了要针对不同墨水、纸张做非线性调整,从而降低了色彩匹配的自动化程度.

本文主要研究显示器上的 RGB 彩色图像输出到 CMYK 四色喷墨打印机上的匹配过程.由于 RGB 和 CMYK 色彩空间分别是加色法混色空间和减色法混色空间,且它们的色彩组合数不同,分别为 256^3 和 100^4 ,因此,RGB \rightarrow CMYK 色彩空间的转换是非线性的.本文提出基于 BP 网络的色彩匹配方法 BP-CMM,该方法还可用于彩色图像处理中遇到的其它色彩空间转换情形,诸如 RGB 到 RGB、CMY(K)到 RGB 以及 RGB 到 CMYK_{cn}(六色打印)的转换等.

下面首先给出了一种动态聚类算法及其在 CMM 中的具体实现,其中包括样本的选取及转换、算法参数的设置等,并且给出了相应的实验结果.然后,提出了基于 BP 网络的色彩匹配方法以及相应的网络结构.最后,讨论了网络训练及测试情况以及在打印应用中的效果.

2 CMM 样本数据的动态聚类

由于 CMM 涉及的数据空间较大,为了有效地将神经网络方法应用于 CMM 中,需要选择比较有代表性的样本数据,而样本个数的多少会影响神经网络算法的收敛速度,为有效控制学习时间,我们需要在合理选择样本的基础上,对它们进行动态聚类,使样本数降到一个较少的数值范围内,然后应用神经网络算法对训练数据进行学习.

2.1 CMM 中样本的选取

对于一个学习系统,如何选取样本对学习的结果有较大的影响.如果选取得当,则样本能够代表整体特性,从而能够反映总体变化趋势;如样本选取不当,则学习结果只能代表部分特性,致使分类效果较差,甚至产生错误分类.

由于 RGB 空间的样本总数达 1670 万(256^3),CMYK 空间的样本总数达 10^8 ,这使得学习全部样本是非常困难的,甚至是不可能的.因此,必须选取适量的学习样本进行学习.

基于色度学的领域知识,考虑到单色在彩色图

像的打印中是重要部分,若能够精确地打印单色(即纯色),则整体图像的视觉效果较好;同时,因单色是彩色打印中混色的基色,而混色是通过单色依次打印的,所以,对单色数据的学习是相当重要的.因此,在选取样本数据时,首先考虑选取单色数据,即在 CMYK 色彩空间中,分别按 C、M、Y、K 以 1 为间隔选取 400 组单色数据,分别为

$$C: 1 \rightarrow 100 \quad STEP = 1 \quad M = Y = K = 0;$$

$$M: 1 \rightarrow 100 \quad STEP = 1 \quad C = Y = K = 0;$$

$$Y: 1 \rightarrow 100 \quad STEP = 1 \quad C = M = K = 0;$$

$$K: 1 \rightarrow 100 \quad STEP = 1 \quad C = M = Y = 0.$$

考虑到在打印图像过程中,抖动对图像的打印质量也有较大的影响^[5],对于某些抖动方式(如 Bayes 等)的打印,存在“渗透”和“覆盖”现象.因此,混色的样本学习同样是必要的.所以,我们又分别以 1 为间隔选取了 400 组等值混色数据如下:

$$C = M: 1 \rightarrow 100 \quad STEP = 1 \quad Y = K = 0;$$

$$C = Y: 1 \rightarrow 100 \quad STEP = 1 \quad M = K = 0;$$

$$M = Y: 1 \rightarrow 100 \quad STEP = 1 \quad C = K = 0;$$

$$C = M = Y: 1 \rightarrow 100 \quad STEP = 1 \quad K = 0.$$

这样,选取了 800 组数据作为样本数据,然后通过频谱色彩感知器 ColorTron-32 测其反射光 RGB 值,得到上述 8 组 CMYK 值的对应 RGB 值,形成总的原始数据文件.由于这些样本从色彩差异角度看,在 RGB 色彩空间中并非一定是均匀分布的,同时,也为了有效控制神经网络的训练时间,还需进一步将样本数压缩到一个合理的数值范围内,因此要对它们进行动态聚类.

2.2 CMM 中样本的转换

由于 RGB 颜色空间是非均匀的颜色空间,在 RGB 本身色彩空间中很难比较两个色彩间的相似性,因此,必须进行相应的色彩空间转换.国际照明委员会(CIE)提供了从 RGB 空间到均匀颜色空间 Lab 空间的标准转换. Lab 色彩空间能够计算两个色彩间的相似性,通过色差计算公式可以计算出两个色彩间的色差 ΔE .

从 RGB 色彩空间到 Lab 色彩空间的转换由经验公式求得^[6],其中经过 XYZ 色彩空间的变换.具体实现如下:

1. 完成从 RGB 色彩空间到 XYZ 色彩空间的色彩转换.转换公式为

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 2.7689 & 1.7517 & 1.1302 \\ 1.0000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0.0000 & 0.0563 & 5.5943 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

2. 完成从 XYZ 色彩空间到 Lab 色彩空间的色

彩转换.转换公式为一分段函数,当 $\frac{X}{X_n} > 0.008856$,
 $\frac{Y}{Y_n} > 0.008856$ $\frac{Z}{Z_n} > 0.008856$ 时,转换公式为

$$\begin{cases} L^* = 116\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} - 16 \\ a^* = 500\left[\left(\frac{X}{X_n}\right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}}\right] \\ b^* = 200\left[\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{\frac{1}{3}}\right] \end{cases} \quad (2)$$

当所使用的 X, Y, Z 值在上述范围之外时,这时的 L^*, a^*, b^* 可以用如下修正公式求出:

$$\begin{cases} L^* = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16 \\ a^* = 500\left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)\right] \\ b^* = 200\left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right] \end{cases} \quad (3)$$

其中, $X_n = 95.04, Y_n = 100.00, Z_n = 108.89$ (该数值是在 CIE 日光的标准照明体 D65 条件下的取值). 函数 $f(x)$ 可表示如下:

$$f(x) = 7.787x + \frac{16}{166} \quad (4)$$

CIELab 色彩空间中的两色度值(L_1^*, a_1^*, b_1^*) 和(L_2^*, a_2^*, b_2^*)之间的色差 ΔE 由下式计算.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (5)$$

其中

$$\begin{cases} \Delta L^* = L_1^* - L_2^* \\ \Delta a^* = a_1^* - a_2^* \\ \Delta b^* = b_1^* - b_2^* \end{cases} \quad (6)$$

根据以上的转换公式可以实现 CIELab 色彩空间的色差 ΔE 的计算.从而,按照人的视觉特性,以色差 ΔE 为距离相似性度量,完成样本的动态聚类.

2.3 迭代自组织数据分析算法在 CMM 中的应用

在聚类分析中,动态聚类法是较普遍采用的方法.算法首先选择有代表性的点作为起始的聚合中心.如果类型数 c 是已知的,选代表点的数目等于类型数 c ;若 c 未知,那么动态聚类的质量主要取决于两个方面的因素,即样本相似性度量和聚类准则函数的选择.经过迭代,在初始划分的基础上,逐步优化聚类结果,使准则函数达到极值.

迭代自组织的数据分析算法^[7] (Iterative Self-Organizing Data Analysis Techniques Algorithm, ISODATA) 是一个“自组织”的复杂动态聚类算法,聚类中心是通过样本均值的迭代运算来决定的,同时 ISODATA

算法加入了一些试探步骤和人机交互功能,能吸取中间结果所得到的经验,主要是在迭代过程中可将一类一分为二,也可能两类合二为一,亦即“自组织”.ISODATA 算法包括初值设定、分裂处理、合并处理以及循环迭代诸过程.它能够自动地确定较为合理的聚类数,但其作为一种动态聚类算法,具有这类算法较难解决的共性问题,包括初值设定、相似性度量的选择等.下面分别就这两个问题阐述一下 ISODATA 在 CMM 中的实现.

2.3.1 初值设定

根据前面所选取的学习样本以及色度学的相关理论,对 ISODATA 算法中的预选初值进行如下设定:

预期的聚类中心数目 K :该参数根据实际的打印精度要求而确定.精度要求高,则 K 取较大值;反之, K 取较小值.在 CMM 的实验中,相对于一个数据文件, K 一般取值为 40.

每个聚类中的最少样本数目 $\theta_n: \theta_n$ 在 CMM 中取值为 1,这样可以确保即使只有一个样本的聚类也可以存在,以免把该样本强制地归到其相近的聚类中, CMM 的打印便可以避免不必要的“色变”现象.

两个聚类中心间的最小距离,即合并参数 $\theta_c: \theta_c$ 设置为 1.取该值是由于在色度学中,当两种色彩的色差小于 1 时,人的眼睛便无法辨别其间的差别,即两种色彩在打印的过程中可以归为一种颜色,对应于聚类问题即属于同一类.

一个聚合中的样本距离分布的标准偏差参数 $\theta_s: \theta_s$ 取值 1.

每次迭代中允许合并的聚合对数目 L :根据实际要聚类的类别数,在实验中取 L 值为 10.

允许的最大迭代次数 I :在 ISODATA 的动态聚类中,一般都设置最大迭代次数 I ,以免无限次迭代,但这种限制有时会影响聚类的质量.在 CMM 实际的应用中,对 I 取较大值 10000.

2.3.2 相似性度量的选择

根据色度学的有关知识,ISODATA 动态聚类算法的相似性度量是利用色差作为距离相似性度量的,它较好地解决了动态聚类算法中距离相似性度量的以下两个问题:(1)门限的选择问题:在色度学中,色差 ΔE 通过式(5)计算.色差反映两种色彩的相似性程度^[6,8],一般认为当 $\Delta E \leq 1$ 时,对观察者来说,无法辨别两种色彩的误差,而在彩色打印中恰好可以利用这一点进行有效的彩色打印.即对该两种颜色在彩色打印中可视为同一颜色输出,这将不会影响观察者的视觉效果.亦即在彩色打印中,色彩

的色差在 1 范围内变化是最佳的. 根据这一特性, 在聚类分析中取门限为 1, 这样在同一聚类中的样本所表现出的颜色对于观察者来说基本上没有差别, 因此, 可以把它们聚为一类. (2) 样本单位的选择问题: 利用色差作为距离相似性度量, RGB, XYZ 和 Lab 色彩空间所使用的单位对于各个分量来说, 都是统一的.

2.4 CMM 中的聚类实验结果

在 CMM 中, 对 800 组数据进行聚类, 聚类后的数据为 276 组, 大大减少了样本的个数. 在打印图像的观察质量并无明显损失的前提下, 样本的压缩比接近于 3:1, 而聚类前后样本的训练速度之比为 20:1, 大大降低了样本的训练时间. 在表 1 中给出了对 C 的单色数据文件 datac 的最后聚类结果, datac 中的 100 组数据聚类后有 36 类.

表 1 CMM 中数据聚类结果(以 C 为例)

聚类结果(类别)	Datac 中 C 值
1	1
2	15, 16
3	36, 37
4	68—74
5	96—100
6	11, 12
7	6, 7
8	2, 3
9	31—33
...	...
36	46—48

3 BP 算法在色彩匹配中的应用

BP 是神经网络模型中使用最广泛的一类^[9], 利用 BP 网络所具有的分类特性^[10]可实现不同色彩空间之间的转换.

在 BP_CMM 实现过程中, 我们采取了如下一些主要措施:

·BP 算法使用的激励函数为 Sigmoid 函数, 即如下形式的函数:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

(7)

- 采用了变步长 $\gamma(n_0)$ ^[11]来修正网络参数.
- 渐近学习: 神经网络具有网络收敛速度慢以及易陷于局部极小的特点, 因此, 为了提高网络的收敛速度和减少陷入局部极小的可能性, 在 CMM 的实现中采用了渐近学习的方法. 即: 首先, 取训练样本的一部分作为学习样本, 由这部分训练样本训练出网络权值, 然后, 再以全部训练样本作为学习样本, 以

前面训练出的网络权值作为初始权值重新训练网络, 这样得到最终的权值.

3.1 CMM 中的 BP 网络结构

本文在实现中使用了 3 层 BP 网络结构, 即输入层、隐层和输出层. 对于输入层和输出层很容易根据打印的实际要求来确定结点的个数. 目前, 彩色打印机基本上有下面三种打印方式, 即 CMY, CMYK 和 CMYKcm 打印方式, 则相应 BP 网络输出层节点个数分别为 3 个、4 个和 6 个. 而输入层是 RGB 空间的数据, 所以输入层节点数应为 3. 对于隐层节点个数的确定一般来说较为困难, 若节点数过多则网络收敛速度慢, 如节点数过少则网络易限于局部极小. 文献[12]提到隐节点个数确定的一些经验公式, 如隐节点个数为输入层与输出层节点个数的一半等, 但在实际的应用中却不十分令人满意. 本文参照经验公式并通过反复实验, 确定在 CMM 的实验中隐节点个数略大于经验值较为适宜. 例如在 CMYK 打印方式下, 取值为 6. 因此, 以 CMYK 方式打印时的 BP 网络结构如图 1 所示.

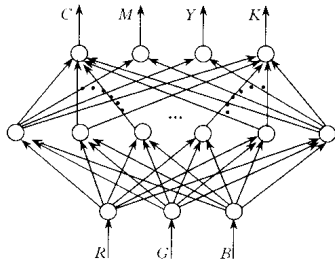


图 1 CMM 中的 BP 网络结构

表 2 是当隐层节点数分别为 3, 6 和 10 时, 对 20 个学习样本的收敛情况.

表 2 隐节点数对网络收敛情况的影响

隐节点数	学习样本数	平均循环迭代次数 (单位: 千次)
3	20	583
6	20	119
10	20	307

从表 2 中可以看出隐节点数对网络收敛速度有较大影响.

3.2 训练数据的规格化处理

在 CMM 中, BP 网络所使用的激励函数为 Sigmoid 函数 $f(x)$, 其形式为式(7). 我们发现当 $x = 14$ 时, $f(x) \approx 1.000001$, 当 $x = 15$ 时, $f(x) \equiv 1$. 而色彩匹配中使用的数据多数大于 15, 这样就无法实现对

权值的调整,因此,必须对数据进行规格化,在 CMM 实现时,对实验数据分别除以 100,使之最大值小于 15.具体地, R, G, B 的取值范围由 0—255 规格化为 0—2.55, C, M, Y, K 的取值范围由 0—100 规格化为 0—1,这样就不会使 $f(x)$ 达到极值 1,从而避免了权值‘停滞’现象.

4 实验结果

首先,测试网络训练的正确性:使用聚类后的 276 个样本作为训练样本进行网络训练,迭代次数为 81635 千次,网络收敛.取这 276 个样本进行测试,结果网络的均方根误差为 0.001,对应规格化处理前的实际误差 0.1,满足应用要求.其中均方根误差计算公式为

$$E_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{\sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^m (t_l^p - y_l^p)^2}{pm}} \quad (8)$$

式中, p 表示训练集内的样本对个数, m 表示网络输出层单元个数.

然后,测试网络泛化能力.取聚类过程中没有被使用的原始样本数据作为测试例子,共计 524 个例子.把这 524 个例子作为输入,得到相应的实际输出,则求得的相应的均方根误差约为 0.016,对应规格化处理前的实际误差 1.6,其误差基本满足要求.

将训练后的 BP 网络用于打印图像,效果好于文献[4]中方法在调整前的效果.

5 结 论

与传统色彩匹配方法比较,BP.CMM 具有如下特点:

·BP.CMM 方案实现的色彩转换是非线性的.由于 RGB→CMY(K)的转换是非线性的,而 BP 网络能够较好地实现这种非线性转换.因此,它克服了以往色彩转换需要大量手工调整的弊端.

·BP.CMM 方案具有普遍性.它不仅仅局限于 RGB→CMY(K)的转换,也可以实现 RGB→RGB,CMY(K)→RGB 和 RGB→CMYKcm 等多种色彩转换.

·BP.CMM 方案具有较强的通用性.它不依赖于具体设备,没有针对某种具体设备的特殊处理,从而可以推广到其它设备上.

万方数据

·BP.CMM 方案具有一定的学习能力.它可以针对由不同的纸张、墨水和抖动方式所测得的数据训练出不同的权值,实现针对不同情况的自动调整.

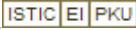
对 BP.CMM 进一步的研究可以是将更多的色度学理论应用其中,以增强 BP 网络初值设定的意义,进而提高色彩匹配的精度.

参 考 文 献

- 1 Hong B. The color adjustment of four-color printer. Japanese Picture Committee, 1993, 5(2):112-122
- 2 Laihanen P. Color reproduction theory based on the principles of color science. Advances in Printing Science and Technology, 1992, 19(6):1-36
- 3 Gentle R S. Digital display and printing of color images based on uniform color space. SPIE, 1988, 2:194-204
- 4 Qian G L, Chen B, Shu W H *et al*. A color matching method based on machine learning. Journal of Software, 1998, 9(11):845-850 (in Chinese)
(钱国良,陈彬,舒文豪.基于机器学习的色彩匹配技术.软件学报,1998,9(11):845-850)
- 5 Susumu S, Takeshi M. An improved multilevel error diffusion method. Journal of Imaging Science and Technology, 1995, 39(6):495-501
- 6 Robertson A R. The CIE 1976 color-difference formulae. Color Research and Application, 1977, 12(2):7-11
- 7 Shen Q, Tang L. An Introduction to Pattern Recognition. Changsha: National University of Defense Technology, 1991. 116-125 (in Chinese)
(沈清,汤霖.模式识别导论.长沙:国防科技大学出版社,1991.116-125)
- 8 Ohta N. Color Principle. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 1997. 117-137 (in Chinese, translated by Liu Z B)
(大田登日著.色彩工学.刘中本译.西安:西安交通大学出版社,1997.117-137)
- 9 Luo L, Luo Q, Hu S R. An excellent quality and high-speed BP algorithm for the feed-forward multi-layer neural network. Computer Research and Development, 1997, 34(2):107-112 (in Chinese)
(罗莉,罗强,胡守仁.前馈多层神经网络的一种优质高效学习算法.计算机研究与发展,1997,34(2):107-112)
- 10 Ripley B D. Neural networks and related methods for classification. Journal of the Royal State Society, 1994, 56(3):409-437
- 11 Ye D Y. A fast variable step-size BP learning algorithm based on model approximation degree and acceptance probability. Chinese Journal of Computers, 1996, 19(3):783-787 (in Chinese)
(叶东毅.基于模型逼近度和接受概率的一个变步长快速 BP 算法.计算机学报,1996,19(3):783-787)
- 12 Bao L W, He M, Shen P. Argument on the shortcoming of BP-model. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 1995, 8(1):1-5 (in Chinese)
(鲍立威,何敏,沈平.关于 BP 模型的缺陷的讨论.模式识别与人工智能,1995,8(1):1-5)

作者: 郭茂祖, 王亚东, 苏晓红, 王兴起, GUO Mao-Zu, WANG Ya-Dong, SU Xiao-Hong, WANG Xing-Qi

作者单位: 郭茂祖, 王亚东, 苏晓红, GUO Mao-Zu, WANG Ya-Dong, SU Xiao-Hong(哈尔滨工业大学计算机科学与工程系, 哈尔滨, 150006), 王兴起, WANG Xing-Qi(浙江大学计算机科学与工程系, 杭州, 310027)

刊名: 计算机学报 

英文刊名: CHINESE JOURNAL OF COMPUTERS

年, 卷(期): 2000, 23(8)

被引用次数: 21次

参考文献(12条)

1. Hong B [The color adjustment of four-color printer](#) 1993(02)

2. 鲍立威;何敏;沈平 [关于BP模型的缺陷的讨论](#) 1995(01)

3. 叶东毅 [基于模型逼近度和接受概率的一个变步长快速BP算法](#) 1996(03)

4. Ripley B D [Neural networks and related methods for classification](#) 1994(03)

5. 罗莉;罗强;胡守仁 [前馈多层神经网络的一种优质高效学习算法](#) 1997(02)

6. 大田登;刘中本 [色彩工学](#) 1997

7. 沈清;汤霖 [模式识别导论](#) 1991

8. Robertson A R [The CIE 1976 colo-difference formulae](#) 1977(02)

9. Susumu S; Takeshi M [An improved multilevel error diffusion method](#) 1995(06)

10. 钱国良;陈彬;舒文豪 [基于机器学习的色彩匹配技术](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 1998(11)

11. Gentle R S [Digital display and printing of color images based on uniform color space](#) 1988

12. Laihanen P [Color reproduction theory based on the principles of color science](#) 1992(06)

引证文献(21条)

1. 王莹. 曾平. 王义峰. 罗雪梅 [一种面向多光谱图像的打印分色方法](#)[期刊论文]-[光学学报](#) 2009(8)

2. 智川. 周世生. 石毅 [基于模糊理论的RGB到CIEL*a*b*色彩空间转换模型的研究](#)[期刊论文]-[西安理工大学学报](#) 2009(3)

3. 丁二锐. 曾平. 刘瑞华. 王义峰 [基于提升核偏最小二乘回归的色彩校正](#)[期刊论文]-[仪器仪表学报](#) 2008(1)

4. Xinwu Li [Scanner color management model based on improved back-propagation neural network](#)[期刊论文]-[中国光学快报\(英文版\)](#) 2008(3)

5. 戴仲毅. 钱军浩 [虚拟打样的BP神经网络模型](#)[期刊论文]-[包装工程](#) 2008(3)

6. 司学锋. 张秉森 [基于聚类的BP网络在织物染色配色中的应用](#)[期刊论文]-[现代计算机\(专业版\)](#) 2008(11)

7. 黎新伍 [数码相机色空间转换方法](#)[期刊论文]-[数据采集与处理](#) 2008(5)

8. 史瑞芝. 曹朝辉. 任晓波. 杨琳 [基于色空间转换与色域映射的跨媒体颜色传输](#)[期刊论文]-[测绘科学技术学报](#) 2008(2)

9. 丁二锐. 曾平. 王义峰 [基于KPCA和ANFIS的色彩校正](#)[期刊论文]-[西南交通大学学报](#) 2007(1)

10. 孙景. 刘文耀. 徐艳芳 [基于simple \$\gamma\$ 模型的各种CRT色空间变换方法](#)[期刊论文]-[光学仪器](#) 2007(3)

11. 刘瑞华. 曾平. 王义峰 [一种自适应分区回归的打印机色彩校正方法](#)[期刊论文]-[电子学报](#) 2007(11)

12. 李莉. 张秉森 [基于BP神经网络的织物染色计算机配色方法研究](#)[期刊论文]-[系统仿真技术](#) 2006(4)

13. 黎新伍 [一种基于神经网络和Neugebaure方程的输入图像色彩校正模型](#)[期刊论文]-[传感技术学报](#) 2006(6)

14. [杨大刚](#), [窦万春](#), [张习文](#), [蔡士杰](#) [一种获取细胞免疫信息的图像分析方法](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2005(9)
15. [杨大刚](#), [窦万春](#), [张习文](#), [蔡士杰](#) [一种获取细胞免疫信息的图像分析方法](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2005(9)
16. [王可](#), [陆长德](#), [乐万德](#) [色彩相似性度量的研究与应用](#)[期刊论文]-[计算机应用研究](#) 2005(10)
17. [田海燕](#) [基于ICC的色彩管理及其在数码彩扩机上的应用研究](#)[学位论文]硕士 2005
18. [黎新伍](#), [郝重阳](#), [樊养余](#), [马苗](#), [王小鹏](#), [张先勇](#) [一个基于Neugebauer方程的输入图像色彩误差校正模型](#)[期刊论文]-[仪器仪表学报](#) 2004(4)
19. [张全](#), [于明玖](#), [许占民](#), [陆长德](#) [面向三维数字化产品色彩的油漆配方预测系统](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2004(36)
20. [苏小红](#), [王亚东](#), [张田文](#), [王月](#) [基于模糊关联聚类分析的彩色样本数据选取方法](#)[期刊论文]-[哈尔滨工业大学学报](#) 2002(1)
21. [苏小红](#), [张田文](#), [王亚东](#), [郑旋](#) [四色打印的灰度平衡方法研究](#)[期刊论文]-[计算机研究与发展](#) 2002(12)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsjxb200008006.aspx

授权使用: 四川大学(scdx), 授权号: 8e033ae0-bb7b-43c3-82bf-9edf016ce913

下载时间: 2011年5月10日