

文章编号:1001-9081(2008)08-2027-03

## 网点印刷呈色平面规律产生机理的初步探讨

曹从军<sup>1,2</sup>, 周明全<sup>1,3</sup>, 吴国顺<sup>2</sup>

(1. 西北大学 信息科学与技术学院, 西安 710069; 2. 西安理工大学 印刷包装工程学院, 西安 710048;  
3. 北京师范大学 信息科学与技术学院, 北京 100875)  
(caocongjun@hotmail.com, caocongjun@xaut.edu.cn)

**摘要:** 寻找相对简便而又高效的颜色空间转换方法是色彩管理的一项关键内容, 网点呈色平面规律作为一种客观现象, 为研究颜色空间转换提供了较新颖的思路。采用 ECI2002 标准色靶数据, 利用数理统计的二元线性回归方法, 验证了平面理论的正确性, 并首次通过 CIE1931Yxy 色度系统, 分析平面理论的产生机理。

**关键词:** 网点色度平面; 颜色空间; 色度图

**中图分类号:** TP301.6    **文献标志码:**A

### Study on generation mechanism of colorimetric planar properties in colorimetric data of process printing

CAO Cong-jun<sup>1,2</sup>, ZHOU Ming-quan<sup>1,3</sup>, WU Guo-shun<sup>2</sup>

(1. College of Information Science and Technology, Northwest University, Xi'an Shaanxi 710069, China;  
2. College of Printing and Packaging Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an Shaanxi 710048, China;  
3. College of Information Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** It is essential to find out relatively simple and highly effective methods of color space conversion in color management. As an optical phenomenon, the presence of dot colorimetric planes of four-color halftone printing provides a relatively novel thought to study color space conversion. The validity of the plane theory was verified by the mathematical statistic and the bivariate regression algorithm, and the generation mechanism of the plane theory was firstly analyzed by CIE1931Yxy chromaticity system.

**Key words:** dot colorimetric planes; color space; chromaticity diagram

## 0 引言

随着图像复制工艺的不断成熟和进步以及计算机技术的飞速发展, 人们对色彩复制的质量要求也越来越高, 色彩管理作为一项有效的措施因此得到广泛应用, 以保证色彩复制结果的稳定、准确。作为色彩管理的关键内容, 颜色空间转换方法一直是研究的热点, 日本学者在大量试验数据基础上提出的平面理论, 为颜色空间转换的研究提供了一种新的思路, 基于平面理论已经展开了一些研究, 并且初步建立了精度较高的 CMYK 到 L\* a\* b\* 值的转换模型。

为了从根本上理解和应用平面理论, 以便更好地进行颜色空间的建模运算, 本文利用 ECI2002 色靶的标准数据验证了四色网点呈色平面规律的正确性, 并首次应用 CIEXYZ 色度系统分析了平面理论的产生机理。

## 1 平面理论<sup>[1]</sup>及 ECI2002 色靶<sup>[2]</sup>的描述

1998 年, 日本学者在大量试验的基础上, 发现了这样一种客观现象<sup>[1]</sup>:当三色色块的 C、M、Y 网点面积率中的某一色网点面积率一定时, 其他两色网点面积率任意变化, 这些色块的 L\* a\* b\* 值位于同一个平面上。

对于印刷的四色色块, 同样也存在这种现象:当四色色块的 C、M、Y 网点面积率中的某一色网点面积率和 K 的网点面积率一定时, 其他两色网点面积率任意变化, 这些色块的 L\* a\* b\* 值位于同一个平面上, 平面模型为:

$$\begin{cases} L^* = \alpha(C + K - Q) + \beta(C + K - Q) \times a^* + \\ \gamma(C + K - Q) \times b^* \\ L^* = \alpha(M + K - Q) + \beta(M + K - Q) \times a^* + \\ \gamma(M + K - Q) \times b^* \\ L^* = \alpha(Y + K - Q) + \beta(Y + K - Q) \times a^* + \\ \gamma(Y + K - Q) \times b^* \end{cases} \quad (1)$$

式中的  $\alpha, \beta, \gamma$  为平面方程的系数, 可以用 C、M 或 Y 网点值的二次函数拟合得到。Q 表示修正系数。

由式(1)可知, 在求得平面方程的系数  $\alpha, \beta, \gamma$  后便可以将原稿已知的色块网点面积率转换为与设备无关的 L\* a\* b\* 值, 以便进行处理和准确输出。

本文所采用的 ECI2002 标准测试靶的数据的测量条件为:D50 光源、2°视场、Abs 基准白、无滤色片<sup>[2]</sup>。该色靶涵盖了比 IT8.7/3 标准色靶多的数据信息, 是在 ISO12642:1996 的基础上获得的更适用于特征化研究的数据集。使得中间调、25% 和 75% 的色彩阶调、灰平衡有更好的表现能力。该色靶共计 1485 个颜色色块, 每个色块皆附有测量的 CIEXYZ 数值, 通过色彩管理软件及测量设备, 可以利用该色靶进行设备校正以及建立设备特性文件等色彩管理研究工作。

## 2 平面理论正确性的验证

首先将 ECI2002 色靶中主色块按照 K 值一定和某色固定进行数据整理, 然后利用二元线性回归算法结合 Matlab 软

收稿日期:2008-02-20;修回日期:2008-04-16。    基金项目:陕西省自然科学基金资助项目(2004E29)。

**作者简介:** 曹从军(1970-), 女, 陕西周至人, 副教授, 博士研究生, 主要研究方向:色彩管理、信息复制技术、印刷质量检测与控制; 周明全(1954-), 男, 陕西黄陵人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向:计算机图形学、数字图像处理、科学计算可视化; 吴国顺(1986-), 男, 江苏盐城人, 主要研究方向:印刷工程。

件<sup>[3]</sup>计算和绘图。

当  $K = 0\%、20\%、40\%、60\%、80\%、100\%$  时分别对网点百分比 C、M 或者 Y 固定而其他两色任意变化的所有标准色块进行数据分组,应用 Matlab 回归了各组数据分布的各个平面,将散点与拟合的平面绘图可以很好地观察到样本点分布在某固定平面上。如图 1 所示。

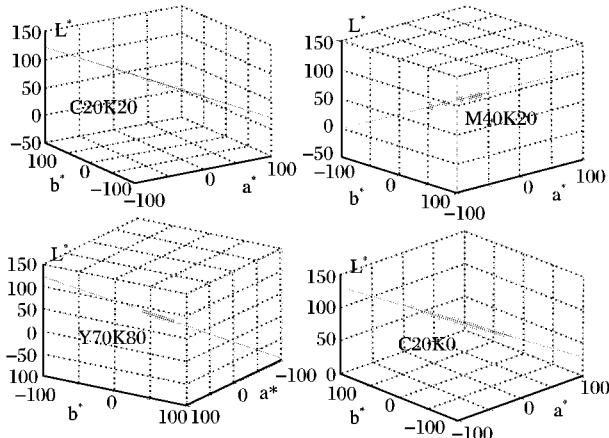


图 1 各样本点及其回归的平面

接着应用数理统计方法进行了  $L^*$  与  $a^*$  和  $b^*$  的线性显著相关性分析,进一步验证了网点呈色的平面规律以及作为颜色空间建模研究的适用性。对所有回归出的平面进行显著性分析,发现每个平面方程的线性相关系数都在 0.97 以上,其中 77% 都大于 0.99,如图 2 所示。这说明  $L^*$  和  $a^*$ 、 $b^*$  的平面相关性很好,这样就验证了平面理论的正确性。

### 3 网点印刷平面规律产生机理的分析

1931CIE-XYZ 系统就是在 1931CIE-RGB 系统的基础上,用数学变换方法,选用三个理想的原色来代替实际的三原色计算得到的。CIE 1931 Yxy 色度图中,x 色度坐标相当于红原色的比例,y 色度坐标相当于绿原色的比例。CIE1931xy 色度坐标反映了各种色彩的特征,如果能计算出某颜色的色度坐标  $x$ 、 $y$ ,加上表示颜色亮度特征的亮度因素  $Y$ ,则该颜色的外貌便可完全唯一地确定<sup>[4]</sup>。

为了进一步分析色度值的分布规律,将色块的 XYZ 值转换到 CIE1931xy 色度图中。首先利用 Matlab 软件将按照网点百分比分组的标准数据的 XYZ、Yxy 值在空间置点进行线性回归,观察各点的分布情况得知,XYZ、Yxy 值与  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值的空间分布具有类似地平面相关性。本文利用 Origin 软件绘制了每组数据的色度图,以  $K = 20\%$  时的 C 平面为例,如图 3 所示。由图 3 中的马蹄形光谱轨迹各波长的位置,可以看到:光谱的红色波段集中在轨迹图的右下部,绿色波段集中在图的上部,蓝色波段集中在轨迹图的左下部。中心的白光点  $D_{50}$  的饱和度最低,光源轨迹线上饱和度最高。由于 xy 是通过空间投影得到的,所以每幅色度图中的整体形状就近似代表空间色域的某一截面,该截面可以用一个平面方程表示,例如由  $C = 0\%、10\%、20\%、40\%、70\%、100\%$  的平面方程系数通过最小二乘法拟合便可以得到 C 平面移动方向上的与 C 有关的平面方程系数,从而可以用一个转换方程表示该方向上的变化规律。

通过观察所有的色度图中各点的色相和饱和度的变化,发现随着网点面积率的变化,整个色组能够以一定的规律从一个色域范围移动到另一个色域范围。如图 3 当  $K$  一定时,随着 C 网点百分比的增大,色域由右下方 YRM 向左上方的 GCB

过渡,即青的补色红色 R 处逐渐移向青色 C。随着 M 网点百分比的增大,色域由上方 YGC 向下方的 BMR 区域过渡;随着 Y 网点百分比的增大,色域由左下方 CBM 区域向右上方的 GYR 过渡。

同理,可以得到 M 平面和 Y 平面的移动方向上的变换规律。这样就形成了  $K = 20\%$  下的平面转换模型,即一个三元一次方程组如式(1)所示,在已知色块网点面积率的情况下,可以通过该模型求出相应的  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值,求解过程就相当于求三个平面的交叉点。

观察不同  $K$  值下 xy 色度图以及 Yxy 空间色域分布图可以发现,随着  $K$  值的增加,RYGCBM 色域范围逐渐变小。

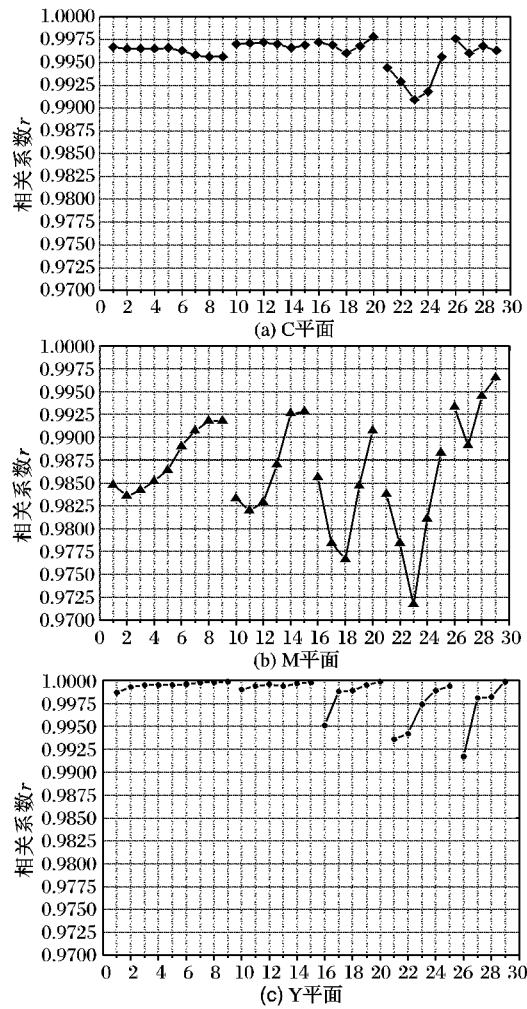
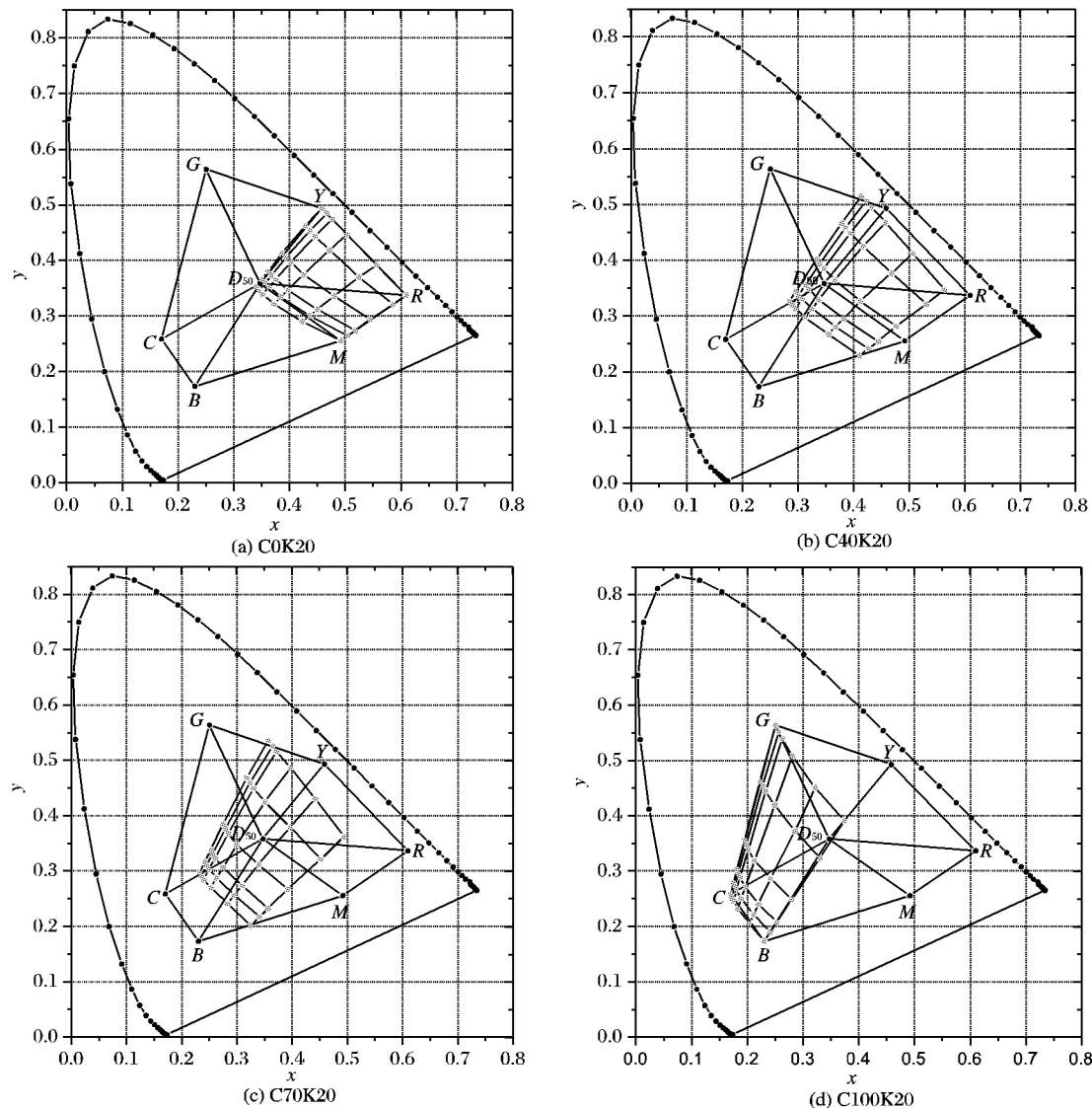


图 2 各 C、M、Y 平面的相关系数分布

### 4 结语

通过以上分析可以得知,平面理论产生的根本原因在于形成某些印刷色 ( $K$  值和某彩色网点百分比一定) 的 XYZ 色度值的分布具有平面规律,随着各色网点百分比的变化最终形成整个呈色色域。基于网点呈色平面规律,通过建立典型  $K$  值下的平面转换模型从而得到不同  $K$  值下的变换,对于由任意网点面积率组合的色块,可以将其 CMYK 值代入相应的平面转换方程直接计算出  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值,这和目前在打印输出色彩管理中常用的三维查找表的颜色空间转换方法相比,省去了插值运算的复杂计算过程以及查找表的存储空间,也就提高了变换效率,同时又能保证变换的准确性,这对颜色空间转换技术的发展有很重要的参考价值。

图3  $K = 20\%$ 时 C0、C40、C70 和 C100 平面的色度图

## 参考文献:

- [1] MITSUO K, SHOJI O, KAZUYOSHI T, et al. Some colorimetric properties included in the color characterization data of process prints[J]. Bulletin of the Japanese Society of Printing Science and Technology, 2001, 38(2): 91–109.

(上接第 2026 页)

扩散函数(PSF),估计的方法主要有:观察法、试验法和数学建模法。针对运动模糊,需要估计运动方向和模糊长度,还有可能有加性噪声,而经典的算法对噪声和误差都很敏感。本文从运动模糊产生的原因出发,应用 Hough 变换和自相关函数估计出运动模糊的方向和长度,然后应用迭代步长自适应的 TV(Total Variation)模型进行图像去运动模糊,避免了传统的频率域去模糊产生的震铃效应。

## 参考文献:

- [1] BAKER K R, BERTRAND J W. A dynamic priority rule for scheduling against due-dates [J]. Journal of Operations Management, 1982, 3(1): 37–42.
- [2] RUDIN L, OSHER S, FATEMI E. Nonlinear total variation based noise removal algorithm[J]. Physica D, 1992, 60(1/4): 259–268.
- [3] RUDIN L, OSHER S. Total variation based image restoration with free local constraints[C]// Proceedings of 1st IEEE International Conference

- [2] BESTMANN G. Technical recommendation color characterization target and data file format for 4-color printing[S]. 2002.
- [3] 王沫然. Matlab 与科学计算[M]. 北京: 北京电子工业出版社, 2004: 225–227.
- [4] 胡成发. 印刷色彩与色度学[M]. 北京: 印刷工业出版社, 1993.

- on Image Processing. Austin, TX: IEEE Press, 1994, 1: 31–35.
- [4] GONZALEZ R C, WOODS R E, EDDINS S L. 数字图像处理[M]. 2 版. 阮秋琦, 阮宇智, 译. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [5] CAI LIDONG. Traveling wave equation and restoration of motion blurred images[J]. Acta Automatica Sinica, 2003, 29 (3): 466–471.
- [6] 肖亮, 吴慧中, 韦志辉, 等. 基于图的数字全变差模型及其带噪图像任意精度放大[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16 (1): 51–56.
- [7] CHAN T F, OSHER S, SHEN JIANHONG. The digital TV filter and nonlinear denoising[J]. IEEE Transaction on Image Processing, 2001, 10(2): 231–241.
- [8] KIMMEL R. Fast edge integration[C]// Geometric Level Set Methods in Imaging, Vision, and Graphics. Berlin: Springer-Verlag, 2003: 1–9.
- [9] KUHNE G, WEICKERT J, BEIER M, et al. Fast methods for implicit active contour models[C]// Geometric Level Set Methods in Imaging, Vision, and Graphics. Berlin: Springer-Verlag, 2003: 133–140.