

多色打印中原色和浅色通道的墨量映射研究

刘士伟^{1,2}, 宋卫生¹

(1. 河南牧业经济学院, 郑州 450046; 2. 上海理工大学, 上海 200093)

摘要: **目的** 研究超四色打印机中常见的Lc与C, Lm与M, Lk与K原色和浅色双浓度墨水映射问题。**方法** 采用色度中明度匹配的方法, 通过多项式拟合建立浅色墨与原色墨之间的映射关系, 并根据不同拟合次数和不同打印分辨率进行精度对比。**结果** 低分辨率打印(720 dpi)二次拟合后匹配点的最大色差为14.33, 四次拟合后匹配点的最大色差为4.59; 高分辨率打印(1440 dpi)二次拟合后匹配点的最大色差为21.60, 四次拟合后匹配点的最大色差为8.72。**结论** 四次拟合二次拟比二次拟合能够取得更高的精度, 并且低分辨率打印(720 dpi)比高分辨率打印(1440 dpi)的映射精度更高。研究包含基色和浅色的两级颜色通道的多色分色具有重要意义。

关键词: 双浓度墨水; 浅色映射; 色度匹配; 映射精度

中图分类号: TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)19-0109-05

The Algorithm of Light Color and Primary Color Ink Mapping for Multi-color Printer

LIU Shi-wei^{1,2}, SONG Wei-sheng¹

(1. Henan University of Animal Husbandry and Economy, Zhengzhou 450011, China;

2. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT: **Objective** To study the double chroma ink mapping of Lc & C, Lm & M, and Lk & K, which are commonly used in most multi-color inkjet printers. **Methods** Based on colorimetric matching, polynomial fitting was used to establish a mapping relationship between every pair of double chroma ink, and the fitting accuracy was contrasted between different fitting times and different printing resolution. **Results** The maximum color difference of matching points was 14.33 suing two times fitting after low-resolution printing (720 dpi), and that of four times fitting was 4.59. The maximum color difference of matching points was 21.60 suing two times fitting after low-resolution printing (720 dpi), and that of four times fitting was 8.72. **Conclusion** Experimental results showed that the four times fitting could achieve higher accuracy than the conic fitting, and the mapping accuracy of low printing resolution (720 dpi) was higher than that of high resolution (1440 dpi). The study is of great significance for color separation of printer with two levels of color channel.

KEY WORDS: double chroma ink; light color mapping; color matching; mapping accuracy

超四色打印机主要可以分为两类: 双浓度墨水打印机和超四原色打印机。双浓度墨水打印机没有增加原色类型, 通常在常规四原色(KCMY)基础上增加

淡青(Lc)、淡品(Lm)、淡黑(Lk)等浅色墨来实现色彩的高精度再现^[1]。针对含浅色墨的超四色打印机, 一般通过建立浅色墨与原色墨之间的映射关系, 而浅色

收稿日期: 2014-05-31

基金项目: 河南省重点科技攻关项目(122102210169)

作者简介: 刘士伟(1975—), 女, 河北安平人, 上海理工大学在读博士, 河南牧业经济学院讲师, 主要研究方向为色彩管理、高保真分色。

与原色的映射精度将对打印机分色精度产生重要影响^[2-8]。王义峰等人^[9]提出通过 CIEL*a*b*值匹配建立浅色与原色的线性映射关系。徐天亮^[10]提出了通过 CIE XYZ 值匹配建立浅色墨与原色墨的非线性映射关系,但是仅涉及 Lc, Lm 等 2 种浅色墨,对同样在颜色复制中起重要作用的 Lk 未有涉及。邓文骏^[11]分别使用色度匹配与密度匹配 2 种方法构建浅色与原色之间的映射关系,并实验验证和分析了 2 种方法的优缺点。文中采用色度匹配的方法,通过多项式拟合建立浅色墨与原色墨之间的映射关系,并针对拟合次数进行精度对比。

1 浅色墨与原色墨映射方法

文中采用色度匹配法基于亮度匹配的方法建立浅色墨与原色墨的映射关系,映射关系建立的核心在于寻找浅色墨与原色墨的对应匹配点,即:

$$L(D_i)=L(D) \quad (1)$$

式中: D_i 与 D 分别为浅色墨与原色墨的网点面积率; $L(D_i)$ 与 $L(D)$ 分别为 D_i 和 D 的明度值。当等式成立时,即代表此时浅色与原色的明度值相等,此时的 D_i 与 D 即为浅色墨与原色墨的匹配点。

2 实验

2.1 色靶设计

根据网点百分比为每个原色及浅色墨设计梯尺,从 0~100%以 5%为间隔,见图 1。

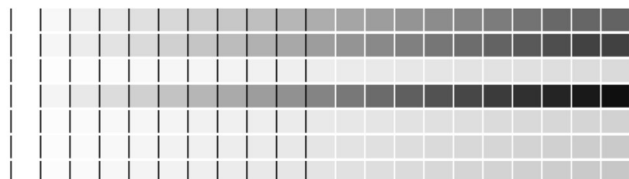


图1 设计色靶梯尺

Fig.1 Design of color target scale

2.2 打印输出

利用专门编写的分通道输出程序(printoutput)控制打印机输出,目的是确保浅色网点百分比用浅色墨输出,原色网点百分比用原色墨输出。文中使用

Epson 7880 八色(KCMYLCmLkLLk)喷墨打印机进行输出,分别选用 720 dpi 和 1440 dpi 等 2 种不同的分辨率进行输出设计色靶。

2.3 数据采集

打印色靶后,晾置 1 h 进行测量,测量仪器为 i1-io,测量条件为 D50 光源,2° 视场。分别测量 720 dpi 和 1440 dpi 分辨率下每个色块的 $L^*a^*b^*$ 值,青色(C)及浅青色(Lc)测量数据见表 1。品色(M)及浅青色(Lm),黑色(K)及浅黑色(Lk)测量数据因为篇幅原因不再显示。

2.4 方法及结果

使用明度匹配的方法对浅色墨与原色墨在 Matlab^[12-13]中进行多项式拟合映射,得到多组匹配点,并将匹配点作为检验样本,制作成新的色靶打印输出,计算两者之间的色差值来评价拟合映射的精度,色差使用 CIE1976 $L^*a^*b^*$ 色差^[14-15]公式进行计算。具体方法为 $x=[\text{深色墨 } L \text{ 值}], y=[\text{对应的网点百分比}]$,使用 $p=\text{polyfit}(x, y, n)$ 命令进行多项式拟合,得到深色墨 L 值与网点百分比之间拟合曲线。再令 $b=[\text{浅色墨 } L \text{ 值}]$,再使用 $a=\text{polyval}(p, b)$ 将浅色墨的明度值(L 值)代入拟合曲线得到深色墨的网点百分比,此时深色墨和浅色墨的网点百分比为一组匹配点。

例如,通过多项式拟合,100%的浅青(Lc)与 30.2%青(L)为一组匹配点,则设计新的色靶,浅青(Lc)的网点百分比为 100%,青色(L)网点百分比为 30.2%作为一组检验色块,打印输出后计算两者的色差,结果见图 2—3。

3 结果分析

3.1 低分辨率打印映射精度更高

从 2.4 节可以看出,分辨率低(720 dpi)比分辨率高(1440 dpi)映射精度高。将测量得到的色靶 $L^*a^*b^*$ 值,用 Matlab 在 CIE LAB 空间中 a^*b^* 平面上进行绘制,观察不同分辨率下各个色块的色度分布,见图 4。

从图 4 可以看出,720 dpi 在 a^*b^* 平面上分布情况比 1440 dpi 在 a^*b^* 平面上分布情况线性规律更加明显,1440 dpi 分辨率下在网点面积率较大的暗调部分,出

表1 青色梯尺及浅青色梯尺的L*a*b*值
Tab.1 The L*a*b* value of light cyan and cyan scale

分辨率/		C			L _c			
dpi	网点百分比/%	L	a	b	网点百分比/%	L	a	b
720	0	94.73	-0.07	-0.75	0	95.04	-0.22	-0.64
	5	92.93	-2.67	-3.85	5	94.01	-1.94	-2.24
	10	91.11	-4.99	-6.93	10	92.99	-3.5	-3.95
	15	89.15	-7.17	-9.59	15	91.98	-5.12	-5.44
	20	87.22	-9.54	-12.33	20	91.1	-6.4	-6.68
	25	85.39	-11.82	-14.86	25	90.19	-7.76	-8.15
	30	83.63	-13.93	-17.37	30	89.12	-9.32	-9.03
	35	82.12	-15.98	-19.44	35	88.41	-10.38	-10.43
	40	80.67	-17.84	-21.6	40	87.47	-11.73	-11.39
	45	79.16	-20.11	-23.54	45	86.74	-12.78	-12.73
	50	77.64	-22.2	-25.83	50	86	-13.9	-13.67
	55	76.63	-23.56	-27.22	55	85.42	-14.88	-14.6
	60	75.49	-25.28	-28.73	60	84.74	-15.86	-15.61
	65	74.22	-27.06	-30.45	65	84.06	-16.94	-16.59
	70	73.14	-28.65	-32.16	70	83.43	-18.04	-17.3
	75	72.19	-29.76	-33.14	75	82.87	-18.94	-18.22
	80	71.14	-31.5	-34.7	80	82.2	-19.86	-19.02
	85	70.13	-32.89	-36.16	85	81.68	-20.9	-19.75
	90	69.33	-33.98	-37.29	90	81	-21.69	-20.53
	95	68.49	-35.24	-38.44	95	80.57	-22.55	-21.21
100	67.54	-36.9	-39.84	100	79.8	-23.52	-21.95	
1440	0	95.07	-0.34	-0.82	0	95.34	-0.29	-0.8
	5	87.1	-10.03	-12.88	5	91.16	-6.89	-7.23
	10	80.24	-18.73	-22.63	10	87.5	-12.43	-12.54
	15	74.8	-25.94	-30.27	15	84.31	-17.32	-16.78
	20	70.05	-32.07	-36.36	20	81.34	-21.7	-20.5
	25	65.81	-37.5	-41.79	25	78.7	-25.42	-23.99
	30	62.52	-40.41	-45.86	30	76.47	-28.69	-26.97
	35	59.81	-41.83	-49.38	35	74.62	-31.35	-29.48
	40	57.13	-42.51	-52.77	40	72.92	-33.67	-31.84
	45	55.19	-41.94	-55.22	45	71.59	-35.59	-34.03
	50	53.4	-41.14	-57.29	50	70.57	-37.5	-36.1
	55	52.07	-39.86	-58.67	55	69.81	-38.89	-37.68
	60	50.85	-38.68	-59.92	60	69.12	-40.28	-39.12
	65	49.68	-37.02	-61.12	65	68.4	-41.86	-40.58
	70	48.71	-35.57	-62.06	70	67.6	-43.22	-41.56
	75	47.83	-34.05	-62.75	75	66.79	-44.4	-42.36
	80	47.01	-32.62	-63.45	80	65.91	-45.32	-42.98
	85	46.17	-31	-64.24	85	65.07	-46.24	-43.7
	90	45.45	-29.66	-64.81	90	64.07	-46.75	-44.73
	95	44.84	-28.31	-65.51	95	63.21	-47.04	-45.6
100	44.21	-27.1	-65.85	100	62.02	-46.86	-46.75	

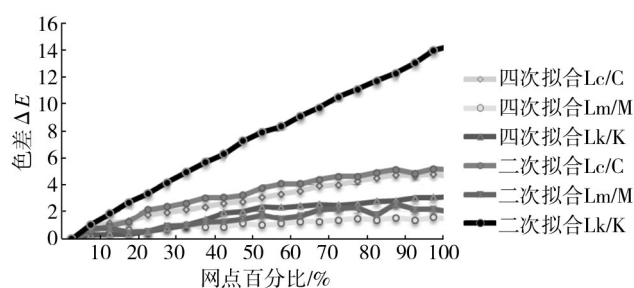


图2 不同拟合次数浅色和原色墨匹配点色差值

Fig.2 Color difference value of matching points of light color and primary color with different fitting times

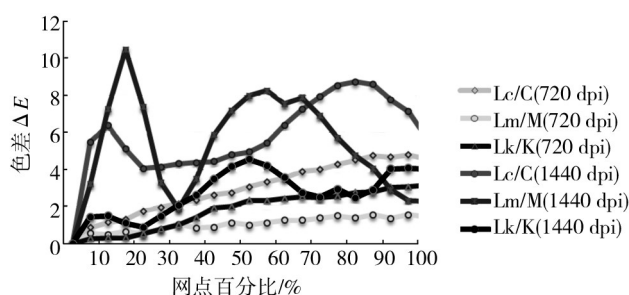
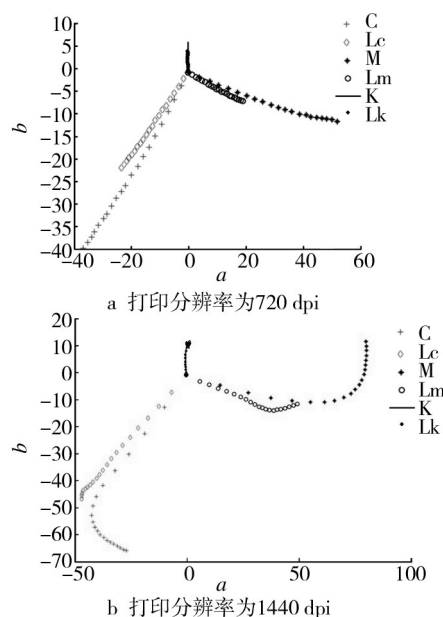


图3 不同分辨率浅色和原色墨匹配点色差值

Fig.3 Color difference value of matching points of light color and primary color at different resolution

图4 不同分辨率打印色靶 $L^*a^*b^*$ 值在 a^*b^* 平面上分布情况Fig.4 Distribution of $L^*a^*b^*$ value of color target on the a^*b^* plane of CIE LAB space at different resolution

现网点并级现象,也许这就是720 dpi比1440 dpi映射精度更高的原因。

3.2 四次拟合映射精度更高

从上面的实验结果可以看出,多项式拟合四次拟合精度明显高于二次拟合精度。将拟合曲线和采样点通过 Matlab 绘图,见图5。图5a,b,c,d分别多项式拟合过程中采用一次、二次、三次、四次拟合曲线与真实采样点的关系。横坐标为深色墨的明度值(L值),纵坐标为深色墨对应的网点百分比。

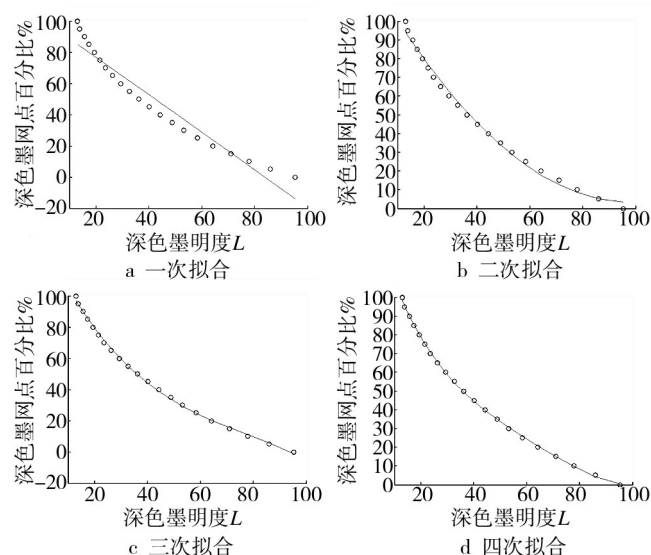


图5 不同拟合次数曲线与真实采样点的关系

Fig.5 The relationship between different fitting times and actual sampling points

一次拟合采样点很多都不在拟合曲线上,二次拟合和三次拟合采样点和曲线基本吻合,但是在两端拟合效果不是很好,四次拟合效果较好,所以四次拟合比二次拟合能够取得更好的映射精度。

4 结语

在超四色打印机中常见的双浓度墨水映射问题的研究过程中,一般采用色度匹配的方法,通过多项式拟合建立了浅色墨与原色墨之间的映射关系。即使采用相同的方法,还是有很多因素会影响到映射精度,文中主要研究了拟合次数和打印分辨率等2个因素。实验结果表明,低分辨率打印(720 dpi)二次拟合后匹配点的最大色差为14.33,四次拟合后匹配点的最大色差为4.59;高分辨率打印(1440 dpi)二次拟合后匹配点的最大色差为21.60,四次拟合后匹配点的最大色

差为8.72。文中对出现上述结果进行了分析,得出四次拟合二次拟比二次拟合能够取得更高的精度,并且低分辨率打印(720 dpi)比高分辨率打印(1440 dpi)的映射精度更高。

参考文献:

- [1] 王强. 现代色彩复制理论与技术发展综述[J]. 中国印刷与包装研究, 2009(4): 1—7.
WANG Qiang. The Theory and Technology Development of Contemporary Color Reproduction[J]. China Printing And Packaging Study, 2009(4): 1—7.
- [2] 朱明, 李晓春, 洪亮. 多色印刷分色算法研究综述[J]. 中国印刷与包装研究, 2012, 3(4): 10—17.
ZHU Ming, LI Xiao-chun, HONG Liang. Research Survey of Multi-color Printing Separation Technology[J]. China Printing and Packaging Study, 2012, 3(4): 10—17.
- [3] TOMINAGA S. Color Notation Conversion by Neural Networks [J]. Color Research & Application, 1993, 18(4): 253—259.
- [4] VERIKAS A, MALMQVIST K, BERGMAN L. Neural Networks Based Color Measuring for Process Monitoring and Control in Multicoloured Newspaper Printing[J]. Neural Computing & Applications, 2000, 9(3): 227—242.
- [5] DRAKOPOULOS P A, SUBBARAYAN G. Color Printer Characterization Using Optimization Theory and Neural Networks [Z]. Google Patents, 2002.
- [6] ROSEN M R, HATTENBERGER E F, OHTA N. Spectral Redundancy in a Six-ink Ink Jet Printer[J]. The Journal of Imaging Science and Technology, 2004, 48(3): 194—202.
- [7] TAPLIN L A, BERNIS R S. Spectral Color Reproduction Based on a Six-color Inkjet Output System[C]// The 9th Color Imaging Conference: Systems, Technologies, Applications. Scottsdale: Color Science and Engineering, 2001.
- [8] TENG D Y, BERNIS R S. Spectral-based Six-color Separation Minimizing Metamerism[C]// Color Imaging Conference, 2000: 342—347.
- [9] 王义峰, 曾平, 王莹, 等. 基于色域划分的多通道打印机色彩校正[J]. 电子学报, 2010, 3(3): 507—511.
WANG Yi-feng, ZENG Ping, WANG Ying, et al. Multi Channel Printer Characterization Based on Gamut Partition[J]. Acta Electronica Sinica, 2010, 3(3): 507—511.
- [10] 许天亮. 六色打印机彩色特性检测与校正技术研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2008.
XU Tian-liang. Research on Detecting Color Characteristics and Color Correction Technology of Six-ink Printer[D]. Xi'an: Xidian University, 2008.
- [11] 邓文骏, 邓开发. 浅色墨映射算法研究[J]. 包装工程, 2013, 34(3): 125—128.
DENG Wen-jun, DENG Kai-fa. Study of Light Color Ink Mapping Algorithm[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(3): 125—128.
- [12] 刘武辉, 胡更生, 王琪. 印刷色彩学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
LIU Wu-hui, HU Geng-sheng, WANG Qi. Printing Chromatology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [13] 廖宁放, 石俊生, 吴文敏. 数字图文图像颜色管理系统概论[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2009.
LIAO Ning-fang, SHI Jun-sheng, WU Wen-ming. An Introduction Color Management System[M]. Beijing: Institute of Technology Press, 2009.
- [14] RAFAEL C G, RICHARD E W, STEVEN L E. Digital Image Processing Using MATLAB[M]. London: Prentice Hall, 2005.
- [15] 张贤明. MATLAB语言及应用案例[M]. 南京: 东南大学出版社, 2010.
ZHANG Xian-ming. MATLAB Language and Application[M]. Nanjing: Dongnan University Press, 2010.

粮油加工(电子版)(月刊)2015年征订启事

《粮油加工(电子版)》是中国粮油学会油脂专业分会会刊。该刊为全国中文核心期刊(08版)、中国科技核心期刊、中国科学引文数据库来源期刊、中国学术期刊全文入编期刊、万方数据期刊数字化期刊群收录期刊等。

《粮油加工(电子版)》杂志将继续坚持“全面、领先、实用”的办刊宗旨,奉行“立足粮油工业,关注行业热点,探求行业发展,注重实用技术”的办刊理念。电子期刊主要设有特稿、产业、流通、资讯、产品、技术和声像七大版块,并分别下设多个相关栏目。同时配有纸质导读本。

欢迎投稿,欢迎订阅,欢迎刊登广告!

《粮油加工(电子版)》杂志是在《农业机械:粮油加工》基础上,由国家新闻出版广电总局批准创办的电子期刊,国内刊号:CN 11-9342/S,国际刊号:ISSN 2095-6495,月刊,自办发行,每月8日出版DVD光盘一张(附《粮油加工(电子版)》导读本一册,大16开),每张光盘定价20.00元,全年240.00元。

地址:北京德胜门外北沙滩1号16信箱《粮油加工》

邮编:100083

电话:(010)64882643 64882565

传真:(010)64882329 64870803

E-mail:cnlyjg@163.com

联系人:赵骏