

多元线性回归法在墨层厚度检测中的应用研究

王慧芳, 唐万有, 吕 晶, 易端阳

(天津科技大学, 天津 300222)

摘要: 用印刷适性仪分别印刷了 CMYK 各种厚度的色块, 计算了色块的厚度, 并采集了色块的 *Lab* 值, 在 Matlab 中用多元线性回归法建立了墨层厚度与 *Lab* 值之间的关系, 并分析了其结果。实验结果表明, C, M, Y 的墨层厚度与 *Lab* 之间线性关系显著。

关键词: 墨层厚度; *Lab*; 多元线性回归

中图分类号: TS801.9; TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)05-0090-03

Application Research of Multiple Linear Regression Method in Ink Thickness Detection

WANG Hui-fang, TANG Wan-you, LV Jing, YI Duan-yang

(Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: The thickness of CMYK patches printed by IGT C1 was calculated and the *Lab* values of the patches were collected. The relationship between ink thickness and *Lab* values was established by using multiple linear regression method in Matlab. Experimental results showed that the linear relationship between CMY ink thickness and *Lab* values is significant.

Key words: ink thickness; *Lab*; multiple linear regression

现在印刷已基本实现自动化和数字化, 因此印刷检测技术也在不断地发展, 基于全画面的印刷质量检测技术是质量检测与控制的必然趋势。然而目前的在线检测技术大多是检测缺陷的^[1], 怎样能快速检测出印刷品的墨层厚度是一个重要问题, 因为墨层厚度直接影响到印刷品的阶调和色彩, 对图像复制质量影响很大。不同墨层厚度的 CMYK 印刷后能得到不同颜色的色度值^[2], 而且墨层厚度的检测对于控制印刷供墨量也有很大帮助。通过印刷各种墨层厚度的色块并采集其 *Lab* 值, 用多元线性回归的方法找出墨层厚度与 *Lab* 值之间的关系, 从而可以通过测量单色色块的 *Lab* 值计算出单色的墨层厚度。

1 多元线性回归分析方法

多元线性回归分析法是处理 2 个及 2 个以上变

量间线性依存关系的统计方法^[3]。墨层厚度直接影响印品的颜色, 而 *Lab* 颜色空间是用来描述颜色且与设备无关的空间, 因此墨层厚度与 *Lab* 值之间有着密切的关系。用这种方法找出墨层厚度与 *Lab* 值之间的线性关系, 通过采集各单色色块不同厚度的 *Lab* 值, 在 Matlab 中采用多元线性回归分析方法, 得到系数的估计值, 从而可以快速求出墨层厚度值^[4]。

2 实验

2.1 材料及设备

使用荷兰 IGT C1 型印刷适性仪、东洋 New TGS 胶印快干四色油墨、100 g/m² 铜版纸来印制不同墨层厚度的色条。在操作过程中用电子天平称量转移到纸张上的油墨质量 Δm , 确定油墨密度 ρ 及印刷色块面积 S 。根据关系式 $H = \Delta m / (\rho \cdot S)$, 计算色条上

收稿日期: 2011-12-16

基金项目: 广东省重大科技专项(2010A080402010)

作者简介: 王慧芳(1987—), 女, 河南安阳人, 天津科技大学硕士生, 主攻印刷复制技术及印刷质量控制。

通讯作者: 唐万有(1955—), 男, 天津人, 天津科技大学教授, 主要研究方向为印刷质量控制及质量评价系统、印刷设备及其性能。

的实际墨层厚度 H 。再用爱色丽 528 密度计测量各色条上不同点的 Lab 值,计算其平均值^[5]。这样就可以得到不同墨层厚度对应的 Lab 值。

2.2 结果及分析

在 Matlab 中用多元线性回归法得到的结果见表 1。

表 1 CMY 回归方程的结果

Tab.1 Results of CMY regression equation

	相关系数 R^2	F 统计量	显著性概率 P
Y	0.980 5	552.461 2	0
M	1	1 324.3	0
C	1	1 440.4	0

其中 R 是线性相关系数, R^2 的值越接近 1,说明回归效果越显著,得到的方程线性相关越明显,模型拟合得越好。 F 和 P 是用来对回归直线进行显著性检验的,当 $F \geq F_{0.05}(1, n-2)$, $P < 0.05$ 时^[8],在显著性水平 0.05 下应拒绝原假设,认为墨层厚度与 Lab 值之间的线性关系显著。由表 1 数据可知 Y, M, C 的墨层厚度与其 Lab 值之间线性关系显著。记墨层厚度为 D ,得到结果为:

Y: $D = 148.0856 - 1.5814L + 0.6427a - 0.0942b$

M: $D = 84.5035 - 0.9841L - 0.542a - 0.1656b$

C: $D = 35.8373 - 0.4253L - 0.0881a + 0.3266b$

2.3 残差分析

残差是实际值与按回归方程预测的值之差,本文指实际墨层厚度与预测的墨层厚度之差,若描绘的点围绕残差等于 0 的直线上下随机散布,说明回归直线对实际值的拟合情况良好^[7]。也说明 D 与 Lab 值之间有显著的线性相关关系,各色油墨的残差见图 1。从 C 的残差图可以看出,除第 1 个和第 52 个数据外,其余数据的残差离零点均较近,且残差的置信区间均包含零点,这说明回归模型能较好地符合原始数据,而第 1 和第 52 个数据可视为异常点。同理从图 M 和 Y 的残差图可知, M 的第 17 个数据为异常点, Y 的第 1, 31, 36 个数据也为异常点。M, Y 的回归模型也能较好地符合原始数据。

由图 1 可看出,之所以会出现异常点,是因为在计算墨层厚度的过程中,要计算油墨的覆盖面积,用印刷适性仪印色条时,色条末尾会出现墨层变薄的现象,这样在计算面积时会出现误差,从而导致厚度也

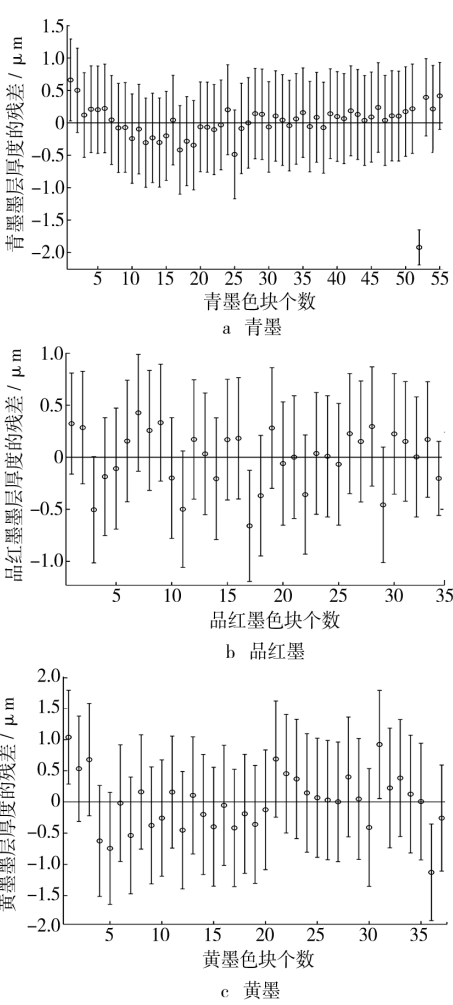


图 1 各色油墨的残差

Fig.1 Residuals of inks

有一定的误差。

K 的 a, b 值理论上为 0,实际的油墨由于纯度不够,常常也会有 a, b 值,但都比较小,因此 K 的墨层厚度与 L 的关系最为密切^[6]。这种多元线性回归的方法并不适用于求 K 的墨层厚度。假设 K 的 a, b 值都为 0,只考虑墨层厚度 D 与 L 值之间的关系,在 Matlab 中用曲线拟合得到黑墨的厚度 D 与 L 的关系见图 2。函数关系为 $D = 148.7L^{-2.978} + 0.7499$,由于忽略了 a, b 值,用此方程算出的 K 的厚度有一定的误差。

2.4 模型可靠性分析

该实验印刷的色条,其墨层厚度从 $0.2 \sim 10 \mu\text{m}$ 不等,间隔最大不超过 $0.3 \mu\text{m}$,色条大多集中在 $1 \mu\text{m}$ 左右,而胶印印刷品上的墨层厚度只有几微米,最大也就 $1 \mu\text{m}$ 多,实验所得墨层厚度基本上覆盖了胶

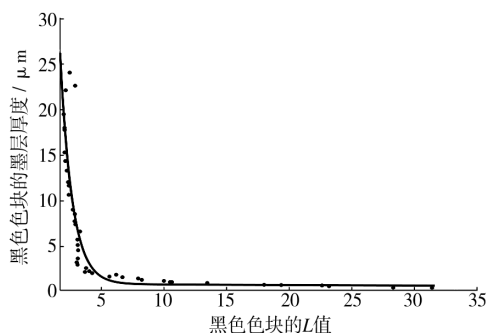


图2 黑墨的厚度 D 与 L 的关系

Fig. 2 Relationship between black ink thickness and L values

印所能印刷出的墨层厚度。从计算结果也可看出,模型的线性相关性非常明显,除了个别特殊点外,基本上都可以由公式得出,因此该模型是相当可靠的。

3 结语

墨层厚度可以直观地表现墨量的多少,通过测量单色色块的 Lab 值可以计算出单色的墨层厚度,这对于颜色复制和墨量控制有很重要的意义。多元线形回归方法简单易操作,可以方便地找出各种纸张与油墨组合下各单色墨层厚度与 Lab 值之间的关系,为印刷在线检测墨层厚度提供了一种简单有效的方法。

参考文献:

- [1] 马千里,唐万有,徐敏. 基于神经网络的印刷墨量在线检测研究[J]. 包装工程,2011,32(19):101-104.
MA Qian-li, TANG Wan-you, XU Min. Research of Ink Quantity On-line Detection Based on Neural Network

(上接第 61 页)

- LI Xiao-guang, HU Jiang-hua, ZHANG Pin, et al. Application of Temperature Reduction Paint in Infrared Stealth[J]. Infrared, 2007, 28(6):29-32.
- [5] 孙元宝,邱贞慧,费逸伟,等. 红外伪装降温涂料的设计原理[J]. 现代涂料与涂装,2003(5):5-7.
SUN Yuan-bao, QIU Zhen-hui, FEI Yi-wei, et al. Design Principles of Temperature Reduction IR Camouflage Paint [J]. Modern Paint and Finishing, 2003(5):5-7.
- [6] 李劲松,王海荣,张海信,等. 防红外丙烯酸伪装涂料的研制[J]. 中国涂料,2002(2):29-30.
LI Jin-song, WANG Hai-rong, ZHANG Hai-xin, et al. The Development of a Camouflage Acrylic Coatings A-

[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(19):101-104.

- [2] 武吉梅,武秋敏. 印刷墨层厚度的一致性仿真分析[J]. 包装工程,2006,27(3):62-64.
WU Ji-mei, WU Qiu-min. Research on Consistency of Ink Film Thickness of the Offset Printing[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(3):62-64.
- [3] 赵霖. 基于多元线性回归模型的预测分析决策系统的研究与实现[D]. 上海:上海大学,2007.
ZHAO Lin. The Implementation of Predictive Analysis and Decision System Based on Multiple Linear Regression Model[D]. Shanghai:Shanghai University, 2007.
- [4] 李茂斌,张海燕. 墨层厚度与实地密度关系数学建模[J]. 包装工程,2007,28(10):121-122.
LI Mao-bin, ZHANG Hai-yan. Modeling of the Relationship between Ink Thickness and Solid Density[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(10):121-122.
- [5] 胡成发. 印刷色彩与色度学[M]. 北京:印刷工业出版社,1993.
HU Cheng-fa. The Color and Colorimetry of Printing [M]. Beijing: The Press of Printing Industry, 1993.
- [6] HERSCH R D, BRICHON M. Deducing Ink Thickness Variations By a Spectral Prediction Model[J]. Color Research and Application, 2009(20):432-442.
- [7] 唐燕武. 线性回归模型参数估计的几种方法[J]. 安庆师范学院学报(自然科学版), 2004, 30(4):93-95.
TANG Yan-wu. Several Methods on Estimation in Linear Models[J]. Journal of Anqing Teachers College(Natural Science Edition), 2004, 10(4):74-76.
- [8] MIRMETHDI Majid, PETROU Maria. Segmentation of Color Textures[C]. IEEE Transaction Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(2):142-157.

gain Infra-red Ray[J]. China Paint, 2002(2):29-30.

- [7] 康青. 红外隐身机理与应用[J]. 红外技术, 1996, 18(1):25-27.
KANG Qing. On Mechanism and Application of Infrared Camouflage[J]. Infrared Technology, 1996, 18(1):25-27.
- [8] 梁波,易建政,段志强. 封套材料热反射率试验研究[J]. 塑料, 2009, 38(2):25-26.
LIANG Bo, YI Jian-zheng, DUAN Zhi-qiang. Heat Reflectivity Test of Envelope Material[J]. Plastics, 2009, 38(2):25-26