

基于最小二乘法的数字图像网点补偿方法研究

邱晓琳, 王琪, 王茜

(南京林业大学, 南京 210037)

摘要: **目的** 网点大小在印刷传递过程中会不断发生变化,在数字图像中表现更为严重,为此研究控制网点扩大的方法以提高印刷品质量。**方法** 测量喷墨打印机黑白模式下输出单色黑色靶的网点面积率,在 Matlab 软件平台下以最小二乘法为原理拟合实际与理想网点面积率获取网点扩大曲线,然后根据网点补偿原理推测本应输入网点值并得到网点补偿曲线,最后通过补偿曲线针对网点进行修正。**结果** 通过测量补偿前后输出色靶,结果表明网点扩大得到了有效控制,补偿前平均网点面积扩大率为 9.1%,补偿后平均网点面积扩大率为 0.4%。**结论** 观察修正后色靶,图像亮度明显提升,阶调再现性得到了提高,该方法可有效提高数字图像的输出质量。

关键词: 喷墨印刷; 网点扩大; 网点补偿; 最小二乘法

中图分类号: TS801

文献标识码: A

文章编号: 1001-3563(2014)07-0119-04

Digital Image Dot Compensation Based on Least Square Method

QIU Xiao-lin, WANG Qi, WANG Qian

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

ABSTRACT: **Objective** The dot is always changing from the original to the substrate, especially in digital images. To study the method of controlling the dot gain is indeed beneficial in improving the quality of print. **Methods** The actual dot area of monochromatic black target with outputs was measured in monochrome mode. On the Matlab platform, the least square method was used to get dot gain curve by fitting the actual and ideal dot area, and then the dot compensation curve was obtained based on the estimated values. Finally, the curve was used to correct the dots. **Results** By measuring the dot area, the result showed that the target's average dot gain was 9.1% before correction and was decreased to 0.4% after correction. **Conclusion** Compared to the uncompensated printing, the compensated printing has a practical improvement in tone reproduction and brightness, which can effectively improve the printing output quality.

KEY WORDS: inkjet printing; dot gain; dot compensation; least square method

数字图像再现以网点在承印物上的组合为基础,喷墨印刷^[1]因油墨、纸张、印刷压力^[2-3],以及印刷的过程中不可避免的因素等条件的影响^[4],网点传递会产生偏差,严重时会导致再现不准确^[5],因此印前网点的调整对图像复制质量至关重要。

近年来最常见的印前网点补偿方法是使用 Photoshop^[6]依据特定点对整体进行调整或通过 RIP 自动调整,很少有直接针对网点进行补偿的方法。反函数法精度虽然高,但因求反困难而不易实现^[7]。为克服

上述难点,文中在印刷前依据最小二乘法使用 Matlab 工具推算出网点补偿曲线,并对数字图像的网点进行补偿,预先缩小网点面积率,提高输出质量和效率,为今后印刷网点补偿方法的研究提供一定的依据。

1 网点补偿的原理

印刷前,准确地预测网点在设备间传递所产生的变化,优化网点阶调曲线^[8],在网点发生变化前对数

字原稿的网点作有效的调整,缩小网点值来达到减少印刷过程中的扩大量,有效提高印品质量的目的。

文中首先用喷墨打印机输出单色黑色靶,并测量每个色块的实际网点面积率,采用 Matlab 编程,依据最小二乘法作网点扩大曲线。理想的网点扩大曲线是一条斜率为 1 的直线,然而实际情况并非如此。在相同印刷条件下,2 种变量之间必然存在一定的关系^[9],由此在允许的测试精度条件下,以实际网点面积率和标准网点面积率之间的距离平方和最小为原则^[10],找一条符合数据走势且误差最小的曲线,这条曲线即为以最小二乘法得到的网点扩大曲线^[11]。然后依照网点补偿曲线原理,通过计算查找在网点扩大曲线上实际输出网点面积率(纵坐标值)是标准网点面积率的点,提取该点所对应的横坐标,得到网点补偿值。拟合网点补偿值与标准网点面积值,得到网点补偿曲线。最后借助 Matlab 平台^[12]编程,根据网点补偿曲线,在印刷之前处理数字原稿的网点,相对缩小网点值,达到控制印刷时网点扩大的目的。

2 网点补偿曲线原理

网点扩大值是指实际输出网点面积率与理想值的差值,网点补偿值是基于网点阶调曲线根据反函数关系获得^[5]。以中间调网点 A(网点面积率为 50%)为例,经测量输出后得到实际网点面积率为点 B(网点面积率为 65%)。减法原理是指将输入网点面积率减去 AB 段距离的网点面积率作为网点补偿值,但实际情况是从点 A 向 y 轴做垂线,与网点扩大曲线得到交点 C 的横坐标值(点 D 的横坐标值)才是实际的网点补偿值。根据以上原理,获得所需网点补偿值拟合得到的曲线即网点补偿曲线见图 1。

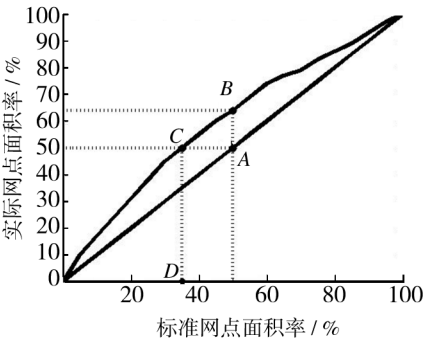


图 1 网点扩大曲线
Fig. 1 Dot gain curve

3 实验

3.1 色靶的设计

因网点大小不同,扩大程度不同,所以用 AI 软件设计 3 条单色黑色靶。第 1 条色靶网点面积率变化范围为 0% ~ 100%,网点面积率变化步长为 5%,共 21 级阶调,第 2 条和第 3 条色靶网点面积率变化范围分别为 5% ~ 30% 和 70% ~ 95%,网点面积率变化步长均为 1%,分别有 26 级阶调,见图 2。

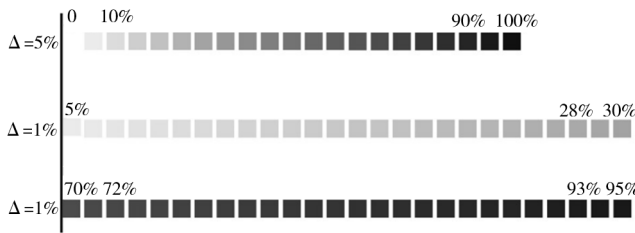


图 2 色靶
Fig. 2 Color code

3.2 流程

实验流程见图 3。

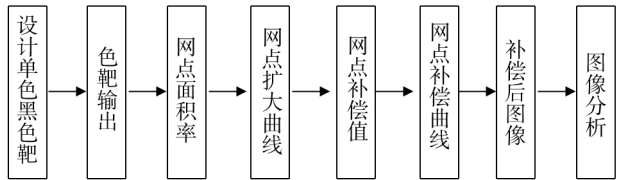


图 3 实验流程
Fig. 3 Experimental flowchart

1) 测量实际网点面积率并得到网点扩大曲线。在喷墨打印机黑白模式下输出单色黑色靶,并测量每个色块的实际输出网点面积率。以最小二乘法为基础在 Matlab 软件中对数据进行处理,根据实际网点面积率以及输入网点面积率,运用 polyfit 函数进行三次多项式拟合(三次曲线拟合完全能达到计算要求,且考虑到最高次数项的系数及后期网点补偿值的计算,不应采取更高次数^[13])得到网点扩大曲线。

2) 推算网点补偿曲线并处理数字原稿。根据网点扩大曲线预测实际应输入网点面积率,使网点在印刷传递过程中以合适的增大量来弥补因网点扩大所

造成的阶调损失。以最小二乘法为基础在 Matlab 软件中使用二次多项式,对原稿网点面积率以及预测的实际网点面积率进行拟合,得到网点扩大补偿曲线,并对各级网点进行补偿得到补偿值。利用网点扩大补偿曲线在 Matlab 中编写程序^[14],处理色靶。在同样的条件下,验证网点补偿效果。

4 实验结果评价

印刷品质评价分为主观评价和客观评价。主观评价是通过对比单色黑色靶补偿前后输出印品的人眼感官差别来评价补偿质量^[15],客观评价是通过对比测量单色黑色靶补偿前后输出印品的网点面积率数据来评价该方法的补偿精度。

4.1 主观评价

色靶补偿效果见图 4。从图 4 可知,补偿前输出色靶,暗调部分黑灰,亮调部分灰平,清晰度随之下落,层次损失严重,输出印品颜色较深;补偿后图像,整体亮度提升,阶调层次递进清晰,有利于印品输出,接近原稿的视觉效果。

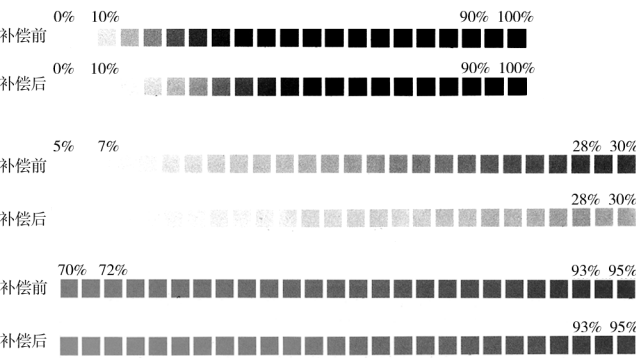


图 4 网点补偿前后对比
Fig. 4 Image contrast before and after compensation

4.2 客观评价

利用单色黑色靶补偿前后实际输出的网点面积率数据构建曲线(见图 5—7),通过比较曲线的变化情况,分别评价各个阶调的补偿效果。

4.2.1 全阶调网点

分析图 5 可知,补偿前除实地外所有网点都有不同程度扩大,暗调和亮调部分的扩大量小于中间调,中间调的网点扩大最为严重。补偿后输出网点面积率曲线与标准曲线比较吻合。0% ~ 12% 和 50% ~

80% 的区域补偿后输出曲线在理想输出曲线的上方,存在一定误差;12% ~ 50% 和 80% ~ 100% 的区域补偿后输出曲线与理想输出曲线相对吻合,误差较小。总体上,中间调和暗调的补偿效果好于亮调。

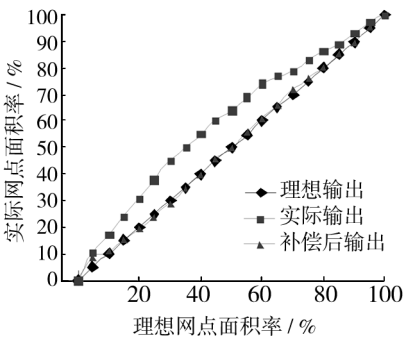


图 5 全阶调网点扩大曲线
Fig. 5 Whole tone dot gain curve

4.2.2 局部网点

通过局部放大分析亮调网点面积率的变化情况(见图 6)可以得知,未补偿前网点扩大呈上升趋势,且网点扩大值逐渐增大,与标准曲线的垂直距离不断增加,经过补偿后输出的曲线在网点面积率为 5% ~ 13% 处相对于标准曲线稍有扩大,在网点面积率为 13% ~ 30% 处,补偿曲线在标准曲线下方。亮调部分由于补偿过度存在网点缩小。

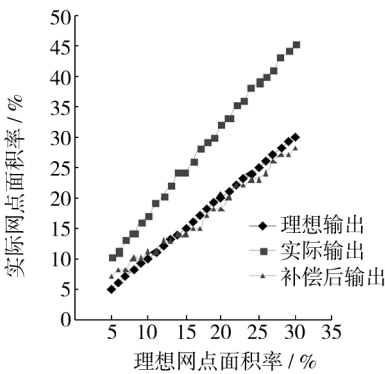


图 6 亮调网点面积率扩大曲线
Fig. 6 Bright tone dot gain curve

通过局部放大分析暗调网点面积率的变化情况(见图 7)可以得知,未补偿前网点扩大为曲线上升,未补偿输出曲线与标准曲线的垂直距离不断减小,经过补偿后输出曲线在网点面积率为 70% ~ 85% 处稍有上浮,在网点面积率为 85% ~ 92% 处与标准曲线相互吻合,暗调部分由于补偿过度网点依然扩大。

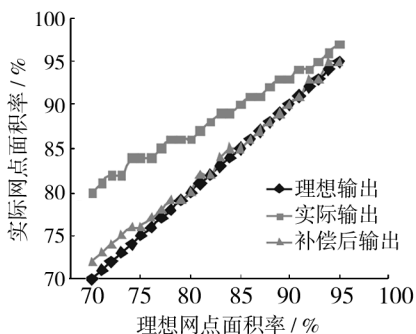


图7 暗调网点面积率扩大曲线

Fig. 7 Dark tone dot gain curve

5 结语

在最小二乘法的基础上利用理想与实际输出网点面积率按补偿原理获得网点补偿曲线,补偿原稿中的每个网点,可在印前有效控制网点扩大量。补偿后输出印品整体亮度提升,阶调再现性提高,清晰度提升,亮调部分层次鲜明,暗调部分层次稳重,中间调平稳柔和,立体感真实强烈,视觉效果更加忠实于原稿。

参考文献:

- [1] 王进,张逸新. 基于喷墨印刷网点扩大的加网算法研究[J]. 包装工程,2011,32(4):103—121.
WANG Jin,ZHANG Yi-xin. Study of Halftone Algorithm Based on Dot Gain in Inkjet Printing[J]. Packaging Engineering,2011,32(4):103—121.
- [2] 瞿茹芸,唐正宁,杨松. 喷墨印刷网点扩大及补偿[J]. 包装工程,2007,28(2):61—63.
QU Ru-yun,TANG Zheng-ning,YANG Song. Dot Gain and Compensation in Ink-jet Printing[J]. Packaging Engineering,2007,28(2):61—63.
- [3] 白春燕. 喷墨印刷中的网点面积率预测及网点扩大研究[D]. 无锡:江南大学,2009.
BAI Chun-yan. The Dot Coverage Prediction of the Inkjet Printing and Dot Gain Study[D]. Wuxi:Jiangnan University,2009.
- [4] 冯思毅. 控制印刷过程中网点扩大的诸因素[J]. 广东印刷,2003(4):42—43.
FENG Si-yi. Various Factors of Dot Gain Control of the Printing Process[J]. Guangdong Print,2003(4):42—43.
- [5] 方恩印,朱明,李秀磊. 基于印刷墨区控制的网点补偿研究[J]. 中国印刷与包装研究,2009(3):59—62.
FANG En-yin,ZHU Ming,LI Xiu-lei. Research on the Dot Compensation for the Inkzone Control in Digital Workflow [J]. China Printing and Packaging Study,2009(3):59—62.
- [6] STONE M C,COWAN W B,BEATTY J C. Color Gamut Mapping and the Printing of Digital Color Images[J]. ACM Transactions on Graphics,1988,7(4):249—292.
- [7] 聂旋,司莉莉. 网点增大补偿曲线算法研究[J]. 中国印刷与包装研究,2010(2):27—32.
NIE Xuan,SI Li-li. Research on Dot Gain Compensation Curve Algorithm[J]. China Printing and Packaging Study,2010(2):27—32.
- [8] LIU Zhen,FANG En-yin. Research on the Method of Acquiring Ink Zone Control Tiff Images[C]//Proceedings of The 6th International Conference on Imaging Science and Hardcopy (ICISH '2008). Beijing: China Instrumentation Press,2008:104—107.
- [9] 孙彦清. 最小二乘法线性拟合应注意的两个问题[J]. 汉中师范学院学报(自然科学),2002(3):58—61.
SUN Yan-qing. Two Problems on Least-squares Fit[J]. Journal of Hanzhong Teachers College,2002(3):58—61.
- [10] 刘志平,石林英. 最小二乘法原理及其 MATLAB 实现[J]. 中国西部科技,2008(17):33—34.
LIU Zhi-ping,SHI Lin-ying. The Principle of Least Square Algorithm and Its Achievement by MATLAB[J]. Science and Technology of West China,2008(17):33—34.
- [11] 宗殿瑞,宋文臣,刘朋振. 最小二乘法应用探讨[J]. 青岛化工学院学报,1998(3):296—300.
ZONG Dian-rui,SONG Wen-chen,LIU Peng-zhen. Application of Least Square Method[J]. Journal of Qingdao Institute of Chemical Technology,1998(3):296—300.
- [12] 王秋雨. MATLAB 图像处理的几个应用实例[J]. 福建电脑,2011(11):6—7.
WANG Qiu-yu. Several Application Examples of MATLAB Image Processing[J]. Fujian Computer,2011(11):6—7.
- [13] 李杰,王海文. 数字图像的网点补偿方法研究[J]. 影像技术,2011(4):20—22.
LI Jie,WANG Hai-wen. Research on Dot Compensation Method of Digital Image[J]. Imaging Technology,2011(4):20—22.
- [14] 唐家德. 基于 MATLAB 的非线性曲线拟合[J]. 计算机与现代化,2008(6):15—19.
TANG Jia-de. Nonlinear Curve Fitting Based on MATLAB[J]. Computer and Modernization,2008(6):15—19.
- [15] 梁巧萍,智川,杨保宏. 印刷品质主观评价[J]. 包装工程,2009,30(9):105—106.
LIANG Qiao-ping,ZHI Chuan,YANG Bao-hong. Subjective Assessment of Printing Quality[J]. Packaging Engineering,2009,30(9):105—106.