

基于BP神经网络的真网点喷墨打样

杨勇, 熊伟斌

(武汉信息传播职业技术学院, 武汉 430223)

摘要: **目的** 真网点打样使用调频网点来模拟印刷调幅网点, 能在数码打样上获得与印刷调幅加网相同的参考效果。**方法** 利用BP神经网络获得数码打样与印刷输出的CMYK-CMYK网点面积率的非线性映射来实现真网点喷墨打样。**结果** 基于BP神经网络的真网点喷墨打样, 识别率稳定在95%左右, 训练100次左右就能达到收敛。真网点形态变形小, 色域映射准确, 与标准胶印印张的色差均值为2.24, 色差标准差为1.47, 色差方差为2.16, 色差熵为3.12。**结论** 基于BP神经网络的真网点数码打样和标准胶印印张的网点面积率转换不需要精确的数学模型, 具有原理简单、转换迅速和适应性强等优点。无论在网点外观、色域和色差各方面, 都比传统数码打样具有更多的优势。

关键词: 数码打样; 真网点打样; BP神经网络; 色差

中图分类号: TS864 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)03-0175-05

True Dot Inkjet Proofing Based on BP Neural Network

YANG Yong, XIONG Wei-bin

(Wuhan Vocational College of Communications and Publishing, Wuhan 430223, China)

ABSTRACT: The work aims to provide reference for promotion of AM screening technologies on digital proofing based on the true dot proofing that uses FM dot to imitate printing AM dot. BP neural network was used to obtain the nonlinear mapping of digital proofing and CMYK-CMYK dot area coverage outputted by the printing to achieve true dot inkjet proofing. The recognition rate of the true dot inkjet proofing based on BP neural network was stabilized at 95% or so, and the training for about 100 times made it possible for convergence. The true dot deformation was small, the color gamut mapping was correct, the average value of color difference with standard offset printing sheet was 2.24, the standard deviation and the variance of color difference were 1.47 and 2.16 respectively, and the color difference entropy was 3.12. The conversion of the true dot digital proofing based on BP neural network and the dot area coverage of standard offset printing sheet requires no accurate mathematical model and it is characterized by such advantages as simple principle, rapid conversion and strong adaptability. Compared to the traditional digital proofing, the true dot digital inkjet proofing has more advantages whether in dot appearance, color gamut or color difference.

KEY WORDS: digital proofing; true dot proofing; BP neural network; color difference

数码打样作为业内普遍使用的打样工艺, 既能够极大地降低印刷企业的打样成本, 又可以为印刷提供高质量的样张。数码打样通常使用高质量的数字喷墨印刷机, 经过色彩管理后几乎能够准确地模拟传统四色胶印的颜色^[1]。但是, 目前数码打样仍然无法完全替代传统的机械打样, 其中最主要的原因就是数码打样采用调频加网方式, 无法准确地模拟传统印刷中的

调幅网点。因而, 不能够为印刷人员预先提供真实的印刷效果以作为参考。

真网点打样技术能够使用数字喷墨打样机模拟出传统印刷的调幅网点, 在视觉和细微层次表现上达到与四色胶印样张相同的效果, 让印刷机操作人员能够更好地准确把握印刷的最终效果, 因此受到了越来越多印刷企业的青睐^[2]。由于大部分企业通常认为真

收稿日期: 2016-06-15

作者简介: 杨勇(1981—), 男, 硕士, 武汉信息传播职业技术学院讲师, 主要研究方向为印刷防伪、图像处理等。

通讯作者: 熊伟斌(1966—), 男, 武汉信息传播职业技术学院副教授, 主要研究方向为印刷工艺、教学体系的构建和管理等。

网点打样就是使用 RIP 后的 1 bit TIFF 文件直接进行数码打样，因此不仅打印出来的样张颜色差别很大，而且网点形状、网点大小和网点角度也不能准确地模拟标准的四色胶印样张，不能起到很好的打样作用^[3]。真网点打样技术除了色彩正确之外，也应能打印出与印刷实际相符的网点，只有这样，才能评判网点质量，观察到玫瑰纹和龟纹。也就是说打样网点的形状和大小必须与印刷时相一致，才能保证打样效果与印刷特性（网点增大率）相匹配^[4]。

1 实验

1.1 原理

真网点喷墨打样可以反映印刷出版面的图文信息，有利于事先在真网点样张上观察到调幅印刷网点的特性，从而便捷地预示印刷样张。真网点喷墨打样机的打印分辨率至少需要与激光照排机的输出分辨率相当，才能够模拟出传统印刷的调幅网点。真网点打样的关键是保证打印样张上的网点与四色胶印样张上的网点尽量一致。借助 BP 神经网络可以实现从四色胶印 CMYK 网点面积率到真网点喷墨打样 CMYK 网点面积率的非线性映射。BP 神经网络模型见图 1，它包括输入层、隐含层和输出层，不同层次的神经元之间相互连接，相同层次的神经元之间无连接^[5]。在真网点喷墨打样的实际应用中可以根据网点面积率转换的复杂程度增加隐含层神经元的个数和隐含层的层数。BP 神经网络建模方便快捷，适应性强，易于推广，它利用误差反向传播算法对网络进行训练，从而实现从输入到输出的非线性映射^[6]。基于 BP 神经网络的真网点数码打样和标准印张的 CMYK 网点面积率转换不需要精确的数学模型，具有原理简单、转换迅速和适应性强等优点。

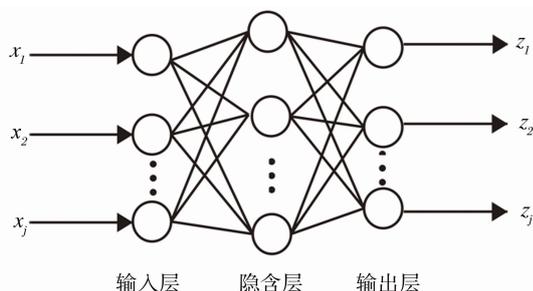


图 1 神经网络模型
Fig.1 Neural network model

1.2 仪器和设备

Epson 7908C 喷墨打印机，Epson 原装八色颜料墨水，泛太克 175 g 铜版打样纸、X-Rite Eyeone、方正 RIP、ProfileMaker 色彩管理软件、Matlab R2009B

软件、EFI colorproof XF 打样软件、海德堡 CD102 四色胶印机、掌上型 REVIEW 便携式数码显微测量仪、爱色丽 eXact 手持分光光度计。

1.3 步骤

实验流程按照真网点打样流程见图 2，源文件经过方正 RIP 生成 1 bit TIFF 文件，然后送入到 Epson 7908C 数字喷墨打印机中，使用 EFI Colorproof XF 数码打样软件完成喷墨打印机的线性化，接着使用 ProfileMaker 软件制作打印机 ICC profile 特性文件，接下来利用 BP 神经网络完成 RIP 后 CMYK 调幅网点面积率和数字喷墨打样 CMYK 网点面积率的映射，最后分别使用显微镜观察、色域分析和色差比较方法分析基于 BP 神经网络的喷墨打样与其他数码打样的优缺点，获得理想的实验结果。

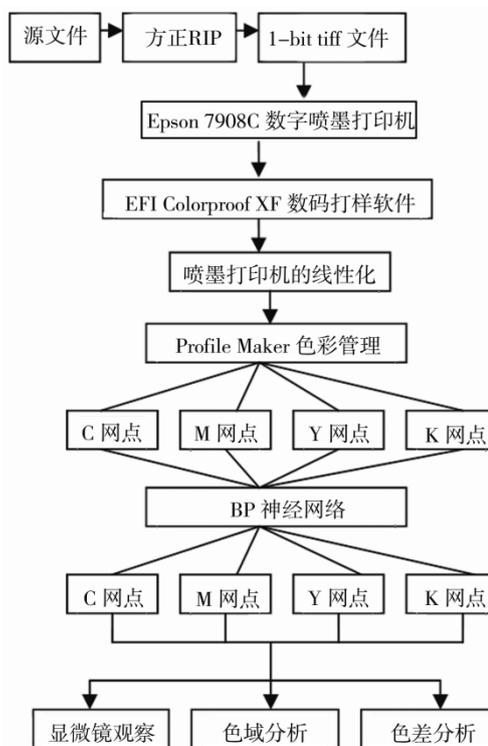


图 2 真网点打样流程
Fig.2 True dot proofing flow

1.3.1 喷墨打样机的线性化

Epson 7908C 数字喷墨打样机的最大打印分辨率为 2880 dpi×1440 dpi，海德堡 CD102 胶印机的印刷加网线数设定为 175LPI，因此该喷墨打样机的打印分辨率完成可以满足 2⁸ 种颜色层次，达到模拟调幅网点的印刷效果。通过喷墨打样机的线性化来校准 Epson7908C 数字喷墨打样机的单通道墨量与喷墨总量，从而找到泛太克 175 g 铜版打样纸可以承受的最佳墨量。若未对喷墨打样机的单通道墨量和喷墨总量进行控制，打样纸张会由于喷墨墨量不合适而达不到

最佳的表现效果^[7]。利用 EFI colorproof XF 专业数码打样软件生成针对泛太克 175 g 铜版纸的喷墨打样机的 epl 线性化文件。

1.3.2 色彩管理制作 ICC profile 曲线

在喷墨打样机线性化的基础上利用专业的色彩管理 ICC Profile 制作软件 ProfileMaker5.0, 制作用于与印刷机 ICC 特性文件匹配的彩色喷墨打样机特性文件^[8]。使用 Epson 7908C 数字喷墨印刷机打印出 ProfileMaker 特性化软件提供的测试标靶 IT8.7/3, 使用爱色丽 X-Rite Eyeone 分光光度计测量每个色块的色度值, 使用 ProfileMaker 5.0 软件生成喷墨打样机的 ICC Profile 特性化文件。利用 EFI colorproof XF 专业数码打样软件完成打样机线性化 epl 文件和色彩特性化 ICC profile 文件的绑定, 再生成新的 ICC profile 曲线^[9]。

简单使用 ICC Profile 曲线的 CMYK-Lab-CMYK 方式进行颜色匹配时, 由于喷墨打样机和印刷机的色彩空间转换维度不同, 色彩损失会较大。下面将重点研究如何利用 BP 神经网络完成 RIP 后四色胶印 CMYK 网点面积率和数码打样 CMYK 网点面积率的映射。

1.3.3 真网点打样的网点面积率映射

1) CMYK 灰梯尺。使用海德堡 CD102 胶印机和数字喷墨打样机来印刷同样的 CMYK 灰梯尺见图 3。使用爱色丽 eXact 手持分光光度计测量印刷样张和真网点喷墨打样样张上的网点面积率, 从而获得印刷样张和真网点数码打样的网点面积率映射。

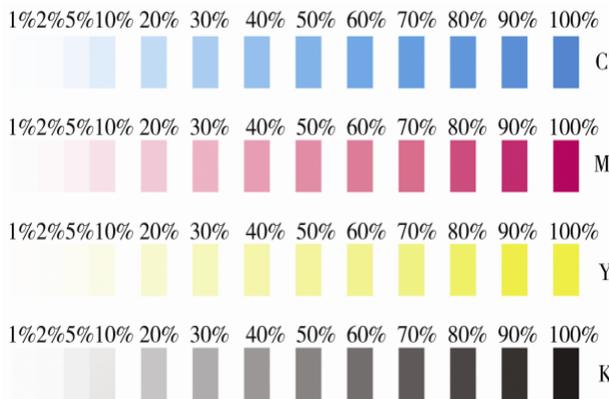


图 3 CMYK 灰梯尺
Fig.3 CMYK gray scale

2) CMYK-CMYK 网点面积率。印刷样张和真网点数码打样的网点面积率映射, 结果见表 1。

3) BP 神经网络。经过方正 RIP 后印刷样张的 CMYK 四色网点百分比如何映射到真网点数码打样的 CMYK 网点百分比, 需借助 Matlab R2009B 软件中 BP 神经网络工具箱来设计 CMYK-CMYK 网点面积率转换网络, 见图 4。其中“W”表示输入矢量在输入层和隐含层中的权值, “b”表示输入层和隐含层中

表 1 印刷样张和真网点数码打样的 CMYK 网点面积
Tab.1 CMYK dot area of the print sheet and true dot digital proofing %

网点百分比	印刷样张的CMYK网点面积				真网点数码打样的CMYK网点面积			
	C	M	Y	K	C	M	Y	K
1	2	1	2	3	3	2	3	3
2	3	3	3	4	5	6	4	6
5	8	9	7	8	8	10	9	8
10	12	13	11	12	12	15	11	12
20	25	25	24	22	25	24	25	23
30	35	35	32	33	35	38	38	35
40	48	45	42	43	60	55	50	58
50	55	55	53	50	65	62	65	60
60	70	72	65	65	70	70	75	75
70	80	75	72	74	80	85	78	80
80	90	85	92	95	85	90	92	88
90	95	92	95	98	92	95	95	98
100	100	100	100	100	100	100	100	100

的偏置。根据 BP 神经网络设计原理, 输入层的神经元个数选择为 4, 输出层的神经元个数也选择为 4^[10]。另外根据经验判断, 隐层神经元的个数选择为 8。使用如下 BP 神经网络的生成算法式(1), 即可在 Matlab R2009B 软件中创建一个满足上述要求的 BP 神经网络 Net。其中, “traind”为 BP 神经网络的训练函数, “tansig”为隐含层神经元的传递函数, “purelin”为输出层神经元的传递函数, “threshold”为输入层的阈值范围。

$$Net = newff(threshold, [8,4], {'tansig', 'purelin'}, 'traingd') \quad (1)$$

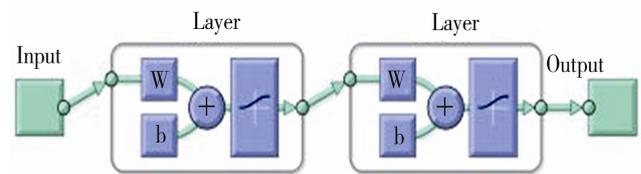


图 4 BP 神经网络训练过程
Fig.4 BP neural network training process

选用 CMYK 灰梯尺(图 3)的标准数据作为训练样本, BP 神经网络模型的输入层选择 4 个节点, 分别代表四色胶印 C, M, Y, K 网点百分比的 4 个输入量, 输出层 4 个节点与真网点打样的 C, M, Y, K 的网点百分比输出对应, 构建成一个四输入和四输出的网络模型。以上程序的识别率稳定在 95%左右, 训练 100 次左右达到收敛, 获得最佳结果, 均方误差 (MSE) 为 0.0001, 训练曲线见图 5。

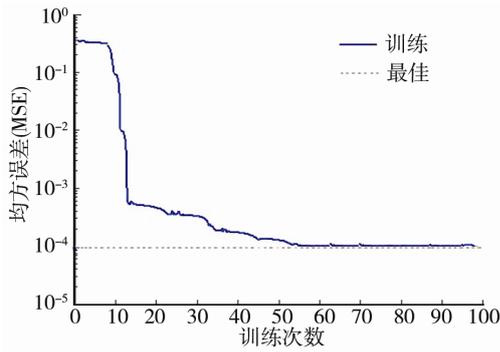


图5 BP神经网络训练结果

Fig.5 BP neural network training result

2 实验结果分析

2.1 网点外观显微镜观察

使用掌上型 REVIEW 便携式数码显微测量仪观察印刷样张、普通调频打样样张、真网点打样样张上的网点微观形态见图 6。其最高光学放大倍率可达 150 倍，被广泛应用于印刷品质控制、印刷网点、角度大小等领域^[11]。从中可以观察到真网点喷墨打样样张上的网点，无论在网点形状、网点大小、加网角度等各方面都比普通调频打样样张更加接近四色胶印印刷样张。

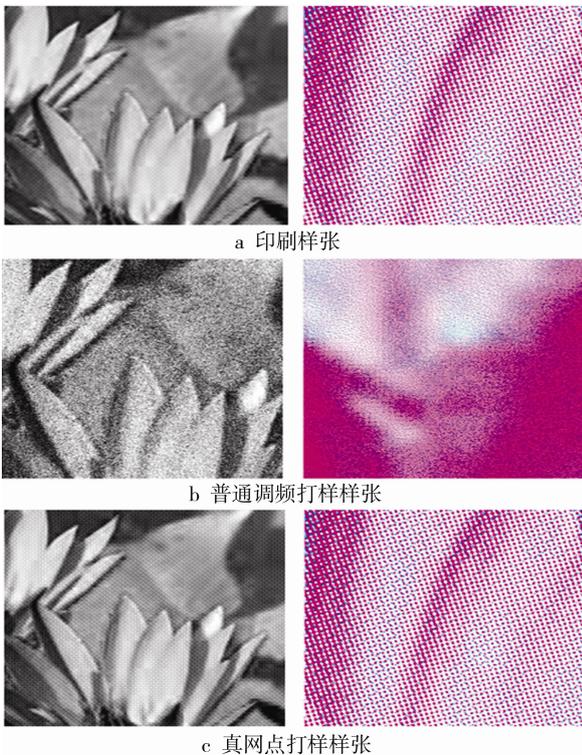


图6 网点微观形态

Fig.6 Dot micro shape

2.2 色域比较

虽然真网点喷墨打样和四色胶印都是基于 CMYK 颜色空间的，但是由于它们的呈色色域大小

不同，所以仍然需要经过多次的颜色转换和重复匹配，才能实现真网点喷墨打样样张和四色胶印样张精确的颜色匹配^[12-13]。使用 Profilemaker 软件制作生成的 ICC profile 特性文件，在 Profile Editor 中观察比较普通数码打样获得的 ICC profile，修正后的 ICC profile 以及印刷的 ICC profile，见图 7。观察它们 3D 和 a^*b^* 色域情况，发现修正后的 ICC profile 色域更广，而且与四色胶印的色域匹配也较好。由此说明使用 BP 神经网络获得的 ICC profile 更接近实际四色胶印的颜色效果。

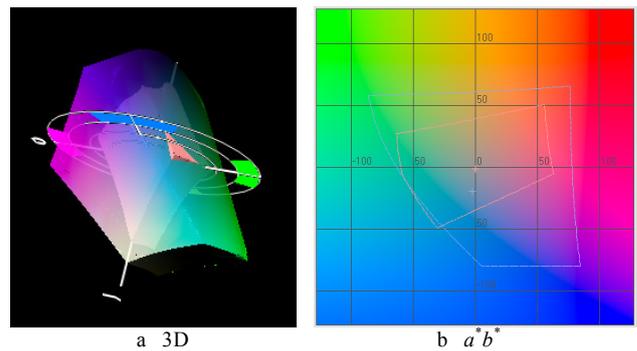


图7 色域比较

Fig.7 Color gumut

2.3 色差比较

使用爱色丽 eXact 手持分光光度计测量传统数码打样样张与四色胶印样张的色差，以及真网点喷墨打样样张与四色胶印样张的色差，并进行色差比较与分析。色差公式选择由 CIE 国际照明委员会推荐的 1976 $L^*a^*b^*$ 均匀颜色空间的色差计算公式(2)，其中 ΔE_{ab}^* 表示色差， ΔL^* 表示明度差异， Δa^* 表示红/绿差异， Δb^* 表示黄/蓝差异^[14]。随机抽样 150 个色块，分别测量并计算传统数码打样与胶印样张的色差，以及真网点打样与胶印样张的色差，由此制作出色差分布对比折线图 8。计算并统计 150 个抽样色块的色差均值、标准差、方差、熵。色差均值反映色差的平均情况，是色差的总体情况^[15-16]。标准差、方差反映色差的分布密集状况，它们的大小反映了图像中色差分布的平缓或者剧烈程度。图像熵值则反映了色差图

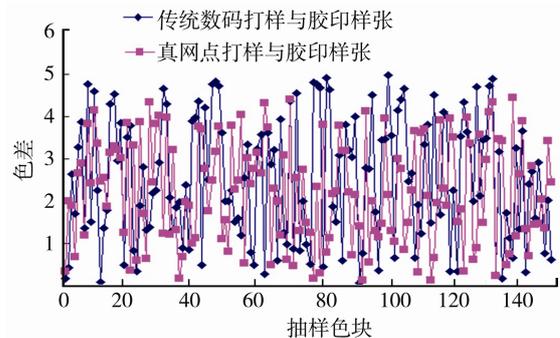


图8 色差分布对比折线

Fig.8 Chromaic aberration distribution contrast line

像中包含的信息量的大小^[17]。传统数码打样与四色胶印样张的色差均值为 2.52, 色差标准差为 1.85, 色差方差为 3.42, 色差熵值为 3.55, 而真网点数码打样与四色胶印样张的色差均值为 2.24, 色差标准差为 1.47, 色差方差为 2.16, 色差熵值为 3.12。

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

3 结语

真网点喷墨打样使用 BP 神经网络来匹配海德堡 CD102 四色胶印机印刷的 CMYK 网点面积率和真网点喷墨打样的 CMYK 的网点面积率。实验结果表明, 基于 BP 神经网络的真网点喷墨打样, 无论在网点外观、色域和色差方面, 都比传统数码打样的效果更好。真网点喷墨打样不仅能够非常准确地模拟出四色印刷样张上的网点大小、网点形状、加网角度等调幅网点形态, 而且在视觉和细微层次表现上可以达到与印刷样张几乎相同的效果, 让印刷人员能够提前预见最终的印刷效果。

参考文献:

- [1] 刘永晖. 基于 GDI 技术的真网点数码打样系统的设计[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
LIU Yong-hui. The Dot Proofing System Based on GDI Technology[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011.
- [2] 胡志刚, 吕娜, 乔现玲, 等. BP 神经网络在产品配色中的应用研究[J]. 包装工程, 2016, 37(10): 136—141.
HU Zhi-gang, LYU Na, QIAO Xian-ling, et al. Application of BP Neural Network in Product Color-matched Design[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(10): 136—141.
- [3] 张菁, 杨应平, 章金敏. 基于颜色空间转换的颜色复原方法研究[J]. 包装工程, 2015, 36(13): 130—134.
ZHANG Jing, YANG Ying-ping, ZHANG Jing-min. Colour Recovery Method Based on Color Space Transformation[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(13): 130—134.
- [4] 王琪, 王茜. 数字真网点打样质量控制与评价[J]. 包装工程, 2013, 34(17): 108—112.
WANG Qi, WANG Qian. Quality Control and Evaluation of Digital Dot Proof[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(17): 108—112.
- [5] 易尧华, 刘菊华, 高睿遥, 等. 彩色数字喷墨打印机色彩特性化方法研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2012, 4(2): 17—23.
YI Yao-hua, LIU Ju-hua, GAO Rui-yao, et al. Study on Color Characterization Method of Digital Color Injet Printer[J]. China Printing and Packaging Study, 2012, 4(2): 17—23.
- [6] 洪亮, 楚高利, 邓倩, 等. 广义回归神经网络在显示器颜色空间转换中的应用[J]. 包装工程, 2015, 36(15): 145—148.
HONG Liang, CHU Gao-li, DENG Qian, et al. Application of General Regression Neural Network in the Display of Color Space Conversion[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(15): 145—148.
- [7] 楚高利. 色彩管理在数码打样中的应用研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2008.
CHU Gao-li. The Application Research of Color Management in Digital Proof[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2008.
- [8] 刘锦芳. 数码打样软件技术评测方法的建立与实现[D]. 武汉: 武汉大学, 2006.
LIU Jin-fang. Digital Proofing Software Technology Establishment and Implementation of Evaluation Method[D]. Wuhan: Wuhan University, 2006.
- [9] 王志豪. 数码打样色彩控制技术的研究与实现[D]. 南京: 南京林业大学, 2011.
WANG Zhi-hao. The Research and Implementation on Digital Color Proofing Technology[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2011.
- [10] 张德丰. MATLAB 神经网络应用设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
ZHANG De-feng. MATLAB Application Design on Neural Network[M]. Beijing: China Machine Press, 2009.
- [11] 周常星. ICC Profile 文件在数码打样中的应用[J]. 数码印刷, 2003(6): 12—15.
ZHOU Chang-xing. The Application of ICC Profile File in Digital Proof[J]. Digital Printing, 2003(6): 12—15.
- [12] 胡维友. 喷墨数码印刷品网点扩大值和标定网点面积率间关系之研究[J]. 包装工程, 2009, 30(3): 74—75.
HU Wei-you. Research On the Relationship Between Dot Expansion of Digital Proofing and the Calibrated Dot Area Percentage[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(3): 74—75.
- [13] 熊康鹏, 成刚虎. BP 神经网络在颜色空间转换中的应用[J]. 中国印刷与包装研究, 2009, 1(6): 16—19.
XIONG Kang-peng, CHENG Gang-hu. Application of the BP Neural Network in Color Space Conversion[J]. China Printing and Packaging Study, 2009, 1(6): 16—19.
- [14] 钟云飞, 周静. 基于 ICC 色彩管理的 1-bit TIFF 在数码打样中的应用[J]. 包装工程, 2009, 30(12): 80—82.
ZHONG Yun-fei, ZHOU Jing. Application of 1-bit TIFF in Digital Proof Based on ICC Color Management[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(12): 80—82.
- [15] 赵博, 郑元林. 基于复杂观察条件的色差公式评价[J]. 中国印刷与包装研究, 2012, 4(2): 24—28.
ZHAO Bo, ZHENG Yuan-lin. Evaluation on the Performance of Color-difference Formula under Various Viewing Conditions[J]. China Printing and Packaging Study, 2012, 4(2): 24—28.
- [16] 曹从军. 色彩管理关键技术 CIE L*a*b* 与 CMYK 变换算法的研究[D]. 西安: 西北大学, 2008.
CAO Cong-jun. The Research on CIE L*a*b* and CMYK Transformation Algorithm on Color Management[D]. Xi'an: Northwest University, 2008.
- [17] 周啸, 史瑞芝, 李少梅, 等. 一种基于阶调划分的网点重组型复合半色调算法[J]. 包装工程, 2015, 36(13): 104—110.
ZHOU Xiao, SHI Rui-zhi, LI Shao-mei, et al. Dot-recombined Hybrid Half Toning Algorithm Based on Tone Division[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(13): 104—110.