

基于神经网络的印刷墨量在线检测研究

马千里, 唐万有, 徐 敏

(天津科技大学, 天津 300222)

摘要: 提出了使用机器视觉和神经网络等技术构建印刷墨量在线检测系统, 介绍了由机器视觉采集印刷图像, 以及使用神经网络计算印张上各墨区 CMYK 四色油墨墨层厚度的方法。最后通过实验验证了神经网络的可行性, 并编程实现了这一系列过程。

关键词: 印刷墨量; 在线检测; 神经网络

中图分类号: TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)19-0101-04

Research of Ink Quantity On-line Detection Based on Neural Network

MA Qian-li, TANG Wan-you, XU Min

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

Abstract: A printing ink quantity on-line detection system using machine vision technology and neural network was put forward. The method of printing image collection and thickness calculation of CMYK inks in each ink area using neural network technology was introduced. The system was constructed by programing and its feasibility was proved by experiment.

Key words: printing ink quantity; on-line detection; neural network

传统的印刷墨量调整方法是在印刷过程中, 随机抽取一定数量的印张, 由印刷工人肉眼或使用仪器测量偏色情况, 然后手动调整印刷机各墨区的墨量。这种方法有几个缺陷, 一是过于依赖于工人的经验与判断, 因此容易受到各种主观因素的影响, 造成判断结果的波动较大, 难以获得准确的调整结果; 二是不具有实时性, 从抽取印张、人工检测到调整墨量, 可能已经过了几十秒甚至几分钟, 如果确实有墨量的偏差, 这期间已经产生了大量的不合格产品, 不仅造成了浪费, 还难以剔除, 使印品的质量参差不齐; 三是这种方法很大程度上依赖于测控条, 而由于纸张变形、油墨不均匀等因素的影响, 测控条很难全面地反映整幅印刷品上的情况。

印刷墨量在线检测系统能够很好地解决这些问题, 该系统能在印刷的同时检测每一印张, 因此具有良好的实时性; 利用机器视觉技术对印刷图像进行读取, 避免了人眼的视觉疲劳及其他主观因素的影响,

检测结果具有优秀的稳健性; 系统脱离了测控条, 检测的是整幅画面上的信息, 因此具有全面性。

1 印刷墨量在线检测流程

1.1 墨量检测原理

印刷墨量的多少反映在印刷品上就是颜色的差别, 墨量的些许变化也会造成印品颜色的改变, 不同配比的 CMYK 四色油墨印刷后能得到不同的颜色色度值^[1], 利用高精度的 CCD 扫描, 即使是细微的颜色变化也能检测出来, 因此通过印品颜色的差异来检测墨量的差别是可行的。

CCD 扫描得到的数据是像素的 RGB 值, 而 RGB 是与设备相关的色空间, 使用它进行判断并不可取, 因此需要转换到与设备无关的 Lab 色空间^[2]。

印刷品的色彩通过网点呈现, 而数字图像由一个个像素组成, 要用数字图像处理技术来检测网点图

收稿日期: 2011-08-08

基金项目: 广东省重大科技专项(2010A080402010)

作者简介: 马千里(1987—), 男, 辽宁建昌人, 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及质量评价系统、印刷设备及其性能。

像,就需要将网点上的信息转移到像素上,因此像素的尺寸应该小于网点的尺寸。以胶印常用的加网线数 175 lpi 为例,每英寸长度上有 175 个网点,系统使用的 CCD 精度为 500 dpi,假设网点面积为 50%,一个网点可以划分为大约 4 个像素,即可将网点分割成一个像素表示,而由于像素是组成数字图像的最小单位,因此每个像素可以近似看作一小块实地网点。

要通过像素 Lab 值判断对应的各色墨量,首先应该建立一个后台墨量信息数据库,数据库中以较均匀的间隔存储有各色墨量与 Lab 值的对应关系,利用数学方法就能将检测得到的像素 Lab 值转化成相应的四色油墨墨量信息,笔者采用的是神经网络的方法。

1.2 神经网络简介

人工神经网络是模拟生物神经网络进行信息处理的一种数学模型,目的在于模拟大脑的某些机理与机制,实现一些特定的功能。神经网络具有高度的并行结构和并行实现能力,具有高速寻找优化解的能力,能够发挥计算机的高速运算能力,可很快地找到优化解^[3]。其最大的特点在于具有自学习功能,能够通过历史数据的学习,训练得到具有归纳全部数据的能力。

在墨量检测时,输入值 Lab 与输出值 CMYK 四色墨量之间存在着相当复杂的关系,试图将其中的关系以具体的数学形式表达是相当困难的,而系统需要的仅仅是与输入值对应的输出值,中间复杂的对应关系并不是必需的,因此这一过程可以视为一个黑箱系统,而神经网络则是解决黑箱问题的极佳方式^[4]。

MATLAB 是数学分析中常用的工具,提供的神经网络工具箱具有训练效果好、效率高、使用方便等特点,但在使用中不能脱离 MATLAB 的后台支持;若要脱离 MATLAB 使用神经网络,也可通过 VC++ 编程实现^[5]。从便捷性和训练效果方面考虑,笔者选择的是 MATLAB 神经网络工具箱。

1.3 系统的搭建及检测流程

机器视觉是利用光学器件进行非接触感知,自动获取和解释一个真实场景的图像,以获取信息和控制机器的过程^[6]。印刷墨量在线检测系统可以作为印刷机的扩展部分,在印刷机的收纸路径上装设有高精度的线阵 CCD 和光源,对匀速运动的印张进行逐行扫描,通过光电编码器实现与生产的同步,由图像采集卡负责将采集到的图像数据传入计算机软件系统,软件系统对数据进行分析处理,从而计算得到印刷图

像的墨量信息。

印刷机上对墨量的微调是通过墨键来实现的,墨键对应着墨区,通过调整墨键开度来控制各个墨区的墨量,实现印刷品局部墨量微调的功能,因此,墨量的在线检测也必须以墨区为单位才有意义。CCD 采集到的图像是由众多像素组成的数字图像,需要根据印刷机墨区宽度及 CCD 分辨率等将其划分出一个个假想的墨区。假设印刷机墨区宽度为 $d(\text{mm})$,CCD 分辨率为 $p(\text{dpi})$,图像在与墨区垂直方向像素数为 m ,在数字图像上对应的墨区宽度为 $D(\text{像素})$,墨区数为 S ,则有: $D = dp/25.4$; $S = m/D$ 。

首先要选取合格印张的图像作为标准图像,标准印品需在正式检测前单独选取,抽取印刷质量符合要求的印张作为标准印张,采集为图像后采用上述方法计算得到标准图像的各墨区墨量信息,将其与之后检测得到的待检图像墨量信息进行比较,从而得到各墨区的墨量偏差,即可通过手动或自动的方式调整墨区墨量,实现墨量的快速检测与调整,从而保证所有印品质量的一致性,检测的简单流程见图 1。

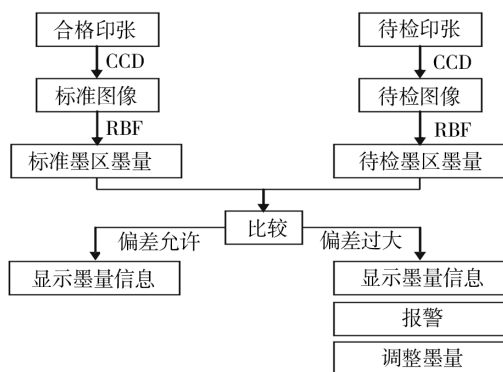


图 1 墨量在线检测系统工作流程

Fig. 1 Working flow of ink quantity on-line detection system

2 神经网络在系统中的应用

2.1 训练样本采集

神经网络在使用前首先要经过训练,训练样本的选取对最终预测结果的优劣有着决定性的影响,样本选取要遵循误差小、覆盖密度大的原则,还应注意分配区域应尽可能广,以使训练不至于在一开始就陷入局部最小^[7]。实验使用 IGT C1 胶印印刷适性仪模拟胶印条件,采用的油墨是天津东洋 CMYK 四色胶印油墨,实验步骤如下。

1) 将纸张裁切成许多相同大小的长方形纸条,

测量其长度与宽度,计算得到纸条面积 S 。

2) 使用印刷适性仪在纸条上印刷,采用一次油墨多次印刷的方式,由于每次印刷后墨辊上的油墨越来越少,转移到纸张上的油墨也越来越少,则可得到一系列墨层厚度变化的印张。

3) 在每一次印刷前用电子天平称量墨辊质量为 m_1 ,印后再称量墨辊质量为 m_2 ,则转移到纸张上的油墨质量 $m=m_1-m_2$,油墨物理密度为 ρ ,则转移的油墨体积 $V=m/\rho$,转移的平均墨层厚度 $h=V/S=(m_1-m_2)/\rho S$,由此得到色条上各色油墨的墨层厚度。

4) 印刷完成后,在色条上选取均匀分布的 3 个点,使用分光光度计测量其 Lab 值,取平均值分别记为 L^*, a^*, b^* 。

5) 按照上述方法得到一系列不同墨层厚度油墨印刷后所对应的 Lab 值,将具有明显误差的数据剔除后,取一部分数据作为训练样本,实验使用的训练样本共 144 组,样本的油墨类型及样本数见表 1。

表 1 训练样本

Tab.1 Training samples

样本类型	K	C	M	Y	KC	KM	KY
样本数	7	11	13	12	10	9	7
样本类型	CM	CY	MY	KCM	KMY	CMY	KCMY
样本数	10	6	15	10	9	16	9

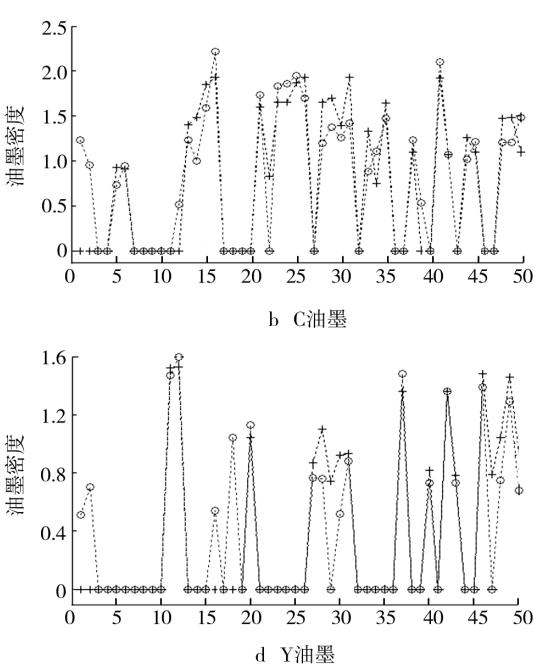
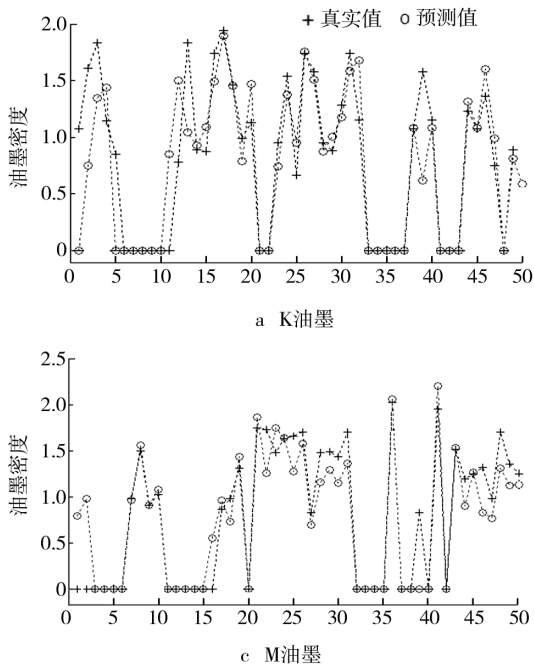


图 2 神经网络预测结果

Fig.2 Neural network prediction results

6) 数据归一化。由于几个输入数据取值范围和单位都不同,会给神经网络的训练带来困扰,为了加快训练网络的收敛性,需要先将输入数据进行归一化。在此采用线性函数转换的方式,表达式为:

$$y=(x-\min \text { Value}) /(\max \text { Value}-\min \text { Value})$$

x, y 分别为转换前后的值, $\max \text { Value}$ 和 $\min \text { Value}$ 分别为样本油墨密度的最大值和最小值,具体来说, Lab 值的归一化方法分别为:

$$L=L^*/100$$

$$a=(a^*+127)/255$$

$$b=(b^*+127)/255$$

2.2 神经网络的训练

将归一化后的训练样本输入到 MATLAB 中,采用 RBF 网络对其训练,将训练完成后的神经网络保存为 .mat 格式的文件,供检测系统调用。

为了检验神经网络训练完成之后的预测能力,选取与训练样本不同的 50 组数据作为测试数据,将这 50 组数据的 Lab 值归一化后作为输入值,将输出值与实际值作比较,结果见图 2。

从图 2 中可以看出,在趋势上预测结果与真实值是大致符合的,但是部分点仍然偏差较大,这主要是由于神经网络的特点导致的。神经网络算法是一种自学习算法,需要从大量的训练样本中学习,样本的

选取不仅要数量多,而且样本范围应尽可能地覆盖到所有可能出现的情况,而实验中只使用了 144 组训练样本,样本量较小且覆盖范围较窄,因此部分位置出现了较大偏差。这一问题在单色黑墨的情况下尤其明显,从图中可以看出,单色黑墨的预测效果是最差的,很重要的原因就在于单色黑墨的训练样本只有 7 组,难以满足精确训练的要求,但从实验中不难发现,2 条曲线的走势大体上相符,如果使用更加全面的训练样本,是能够满足要求的。

在实际印刷中,使用的油墨与纸张不是一成不变的,即使是相同的墨量,不同的油墨与纸张印刷出来的颜色也会不同,因此针对不同的纸张和油墨的组合,都要采集样本数据来进行训练,在检测时根据不同的情况选择相应的神经网络文件。

2.3 神经网络的调用

印刷墨量在线检测系统的软件部分使用 VC++ 开发,要在程序中调用 MATLAB 神经网络工具箱,首先需要链接 MATLAB 必需的库文件并包含必要的头文件;之后在程序中调用 MATLAB 引擎,加载已经保存好的神经网络 mat 文件,将像素的 Lab 值归一化后作为输入数据,输出相应的 CMYK 四色墨量,部分关键代码如下:

```
mxArray * P_nn = mxCreateDoubleMatrix(1,
3,mxREAL);

mxArray * OutPut_ptr = mxCreateDoubleMa-
trix(1,4,mxREAL);

P[0] = L/100;
P[1] = (a+127)/255;
P[2] = (b+127)/255;

Memcpy(mxGetPr(P_nn),P,3 * sizeof(doub-
le)); //将输入数据复制到矩阵变量中

engPutVariable(pEn,"p_nn",P_nn); //将矩阵
变量写入 MATLAB 引擎的工作区

engEvalString(pEn,"P1 = P_nn(1,1)"); //命
令 MATLAB 引擎执行语句

engEvalString(pEn,"P2 = P_nn(1,2)");
engEvalString(pEn,"P3 = P_nn(1,3)");
engEvalString(pEn,"P = [P1 P2 P3]");
engEvalString(pEn,"load('net.mat');"); //加
载神经网络

engEvalString(pEn,"T = sim(net,P');"); //
使用神经网络进行预测
```

```
OutPut_ptr = engGetVariable(pEn,"T"); //
从 MATLAB 会话中获取计算结果

double * pp = mxGetPr(OutPut_ptr); //获取
矩阵数据地址
```

由像素的 Lab 值得到相应的 CMYK 四色油墨厚度时,同时也可知该像素由哪几种油墨叠印而成,依照相同的方法,分别计算各个墨区所有像素对应的 CMYK 四色油墨的数据,以及各色油墨分别覆盖到的像素数目,则可求得各墨区四色油墨的平均厚度。将待检图像的墨量信息与标准图像比较,比较结果以图形的形式绘制在界面上,能够直观地观察到与标准图像的差别,见图 3,右上角显示的为标准图像,从上

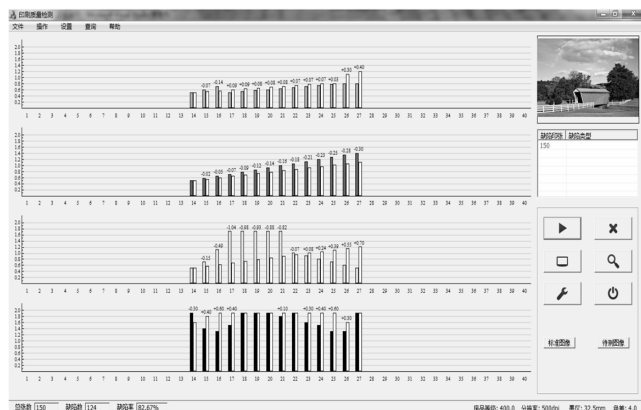


图 3 检测结果的显示界面
Fig. 3 Display of detection results

至下分别对应青、品、黄、黑四色油墨,横坐标为对应印刷机上的各墨区,纵坐标为墨量的度量,可以用墨层厚度或密度来表示。每个着墨的墨区对应应有 2 个表示墨量多少的色条,其中左侧的有色色条表示的是标准印品的墨量,右侧白色色条表示的是待测印品的墨量,通过紧邻的 2 个色条能够很方便地判断出各墨区墨量的偏差,偏差量显示在相应墨区的上方。

3 结语

印刷墨量在线检测系统利用机器视觉、数字图像处理 and 神经网络等技术,实现了印刷品的实时全画面检测,并能根据不同的印刷机、不同的印刷条件进行设置,满足各种印刷条件下的检测要求。

$\bar{a}_j$ 为 N_j 图像各组打分的平均值。式(2)中 $\bar{b}$ 为同一评价指标的各图像得分平均值; M 为测试图像总数。

2 数据分析及讨论

为了更加直观的比较 4 种网点复制的评价结果, 将表 1 中 $\bar{b}$ 列数据, 即 4 种网点形状下的每个评价指标得分制成图 2 的效果, 从图 2 可以看出: 对于图像

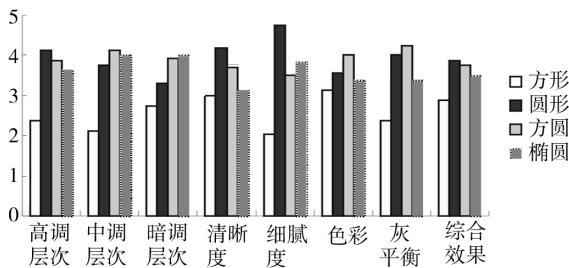


图 2 4 种网点形状的各项评价指标得分
Fig. 2 Score diagram of several evaluation indicators of four dot shapes

高调层次, 圆形网点的复制效果最好, 方圆形网点效果其次, 方形网点最差; 中间调层次, 方圆形最好, 椭圆形其次, 方形最差; 暗调层次, 椭圆、方圆网点最好, 圆形其次, 方形最差; 图像清晰度, 圆形、方圆形最好, 方形最差; 细腻度, 圆形最好, 椭圆其次, 方形最差; 色彩, 圆形、方圆形较好, 方形最差; 灰平衡, 方圆、圆形最好, 方形最差; 图像的综合效果, 此处是评价者对图像各方面的综合印象, 也是采用主观分级打分方法得出, 排列顺序是圆形最佳, 方圆形、椭圆形其次, 方形最差。

3 结论

在理论上, 网点形状对印刷图像复制质量是有一

定影响的^[9], 研究的实验数据充分验证了这一点。从实验研究中可以得出这样的结论: 4 种网点形状中, 圆形网点在阶调层次、清晰度、色彩、灰平衡各个方面都有较好的效果, 对于彩色胶印工艺的图像复制是一种较为理想的网点形状; 椭圆形及方圆形网点在中暗调层次复制方面表现最好, 适合于中暗调层次多的图像复制; 而方形网点在各评价项目中都相对最差, 是胶印中最不宜采用的网点形状。

由于客观条件所限, 对印刷图像质量的评价采用的是主观评价法, 评价者多数为具有行业经验的内行观察者, 在人员数量及类别方面有些不符合图像质量评价的理论原则, 这是研究的局限之处, 但研究是结合印刷行业的现状, 实验历时半年之久, 结果得到了多次验证, 可重复性较好, 对行业有一定的指导意义。

参考文献:

[1] 蒋文燕, 司莉莉, 李凯. 网点形状对胶印网点复制特性的影响[J]. 包装工程, 2010, 31(1): 82—85.
[2] 王金薇. 谈网点形状对彩色印刷品阶调的影响[J]. 今日印刷, 2007(9): 73—74.
[3] 黄蓓青, 梁炯, 王德本, 等. 网点形状对柔版印刷阶调再现性的影响[J]. 北京印刷学院学报, 2006(2): 5—7.
[4] 鲍蓉, 杨国颖. 基于网点形状与平版印刷关系的研究[J]. 湖南工业职业技术学院学报, 2008(4): 10—12.
[5] 李家祥. 标准彩色图像数据(SCID)的应用[J]. 印刷标准化, 1997(4): 36—40.
[6] 卢军, 田靓. 印刷图像评价及控制方法[J]. 印刷质量与标准化, 2007(8): 65—69.
[7] 宋慧慧, 赵秀萍, 司占军. 基于主观评价法对高光泽喷墨打印纸图像质量的研究[J]. 包装工程, 2008, 29(5): 39—42.
[8] 赵小梅, 陈骏骢. 数字加网图像的质量评价研究[J]. 包装工程, 2009, 30(1): 93—95.
[9] 张逸新, 陈玲华. 网点形状与印刷图像质量的信息理论[J]. 今日印刷, 1997(3): 31—32.

(上接第 104 页)

参考文献:

[1] VERIKAS A, BACAUSKIENE Marija, NILSSON Carl-Magnus. Estimating the Amount of Cyan, Magenta, Yellow, and Black Inks in Arbitrary Colour Pictures[J]. Neural Comput & Applic, 2007(16): 187—195.
[2] 刘武辉, 胡更生, 王琪. 印刷色彩学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
[3] 张德丰. MATLAB 神经网络应用设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
[4] 王树谦, 魏德华. 多层前向人工神经网络[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1999.
[5] 陈红伟, 汪滨琦, 彭梅兰. 神经网络的可视化及其在 VC 中的实现[J]. 电气自动化, 2002(2): 4—5.
[6] 徐珂, 朱煜. 一种在线检测实时图像处理系统的实现[J]. 微计算机信息, 2008, 24(8): 299—300.
[7] 陈路. 基于数字图像处理的印刷品网点面积率检测研究[J]. 包装工程, 2005, 26(6): 45—47.