

基于 CCD 的 3 种喷墨印刷品均匀度检测模型的比较

李胜辉, 刘真

(南京林业大学, 南京 210037)

摘要: 在分析 ISO 13660 规定的 2 种均匀度检测模型的计算原理的基础上, 另外介绍了一种将人眼视觉系统考虑在内的检测模型的计算原理和过程。通过设计实验, 分别利用这 3 种检测模型对 CCD 仪器获取的打印样稿进行了均匀度检测, 然后将检测结果与人眼主观评价相结合, 分析比较了这 3 种均匀度检测模型与人眼视觉的相符程度, 结果表明: 将人眼视觉考虑在内的 IM Mottle 模型更能反映印品的均匀程度; ISO 13660 规定的色斑属性对印品均匀度的影响比颗粒度属性的影响更大。

关键词: CCD; 喷墨打印; 均匀度; ISO 13660

中图分类号: TS853⁺.5; TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)01-0095-05

Comparison of Three Inkjet Prints Uniformity Detection Models Based on CCD

LI Sheng-hui, LIU Zhen

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: Based on the analysis of two uniformity detection models stated by ISO13660, a new model which took human visual system into consideration was introduced. These models were used to detect the uniformity of print acquired by CCD device through experiment, and their consistent with human visual evaluation was compared. The results showed that IM Mottle model considering human vision can reflect the uniformity of print better; mottle stated by ISO13660 has greater impact on the uniformity of print than graininess.

Key words: CCD; inkjet print; uniformity; ISO 13660

随着喷墨印刷的广泛使用, 人们对喷墨印刷的质量要求越来越高, 随之喷墨印刷的质量检测技术也越来越引起了人们的重视, 传统的检测方法通常使用使用密度计、分光光度计对印品进行质量检测, 但由于其检测速度慢、检测精度不高, 已经逐渐不能满足对喷墨印刷质量检测的需要^[1]。自 2001 年 ISO 13660 标准制定以来, 基于 CCD 的质量检测方法具有印刷质量的客观评价速度快、检测精度高、能有效控制印刷质量的特点^[2-3], 使之在印刷质量检测领域具有广阔的应用空间, 从而越发受到人们的重视和应用^[4]。

在喷墨打印中, 印品的均匀度对印品的视觉呈现具有重要的影响。对于色斑、颗粒度对印品均匀度有较大影响的属性, ISO 13660 所提供的采样方

案及检测模型未将人眼视觉对印品呈现的影响考虑在内, 而人眼视觉对于不同频率区间图像的感受效果不同, 所以在检测过程中, 存在检测结果与视觉评价结果差异较大, 造成检测精度不高的缺陷。笔者在对 ISO 13660 所规定的色斑、颗粒度属性的 2 种采样方案及评价方法进行分析的基础上, 引入一种将人眼视觉考虑在内的新模型——复合计算模型^[5], 通过理论分析及实验, 采用与人眼视觉主观评价相结合的方式, 分析比较 ISO 13660 所规定的检测模型与复合计算模型的均匀度检测效果。为 ISO 13660 对均匀度检测提供一种更为客观准确并具有可操作性的检测方法, 同时为实现 CCD 仪器对印品其他属性的质量检测以及构建完整的印刷质量自动检测流程, 具有一定的理论参考价值和实验借鉴意

收稿日期: 2011-10-15

基金项目: 江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介: 李胜辉(1987—), 男, 河南人, 南京林业大学硕士生, 主攻印刷图文处理。

义^[6]。

1 均匀度检测模型的分析

1.1 ISO 13660 的色斑以及颗粒度计算模型

根据 ISO 13660 的规定,颗粒度(Graininess)的定义为在所有方向上空间频率大于每毫米 0.4 周期的非周期性密度波动。色斑(Mottle)的定义为在所有方向上空间频率小于每毫米 0.4 周期的非周期性密度波动。颗粒度及色斑的大小对印品的均匀度都具有一定的影响^[7]。

对于 ISO 规定的计算模型,需要选择一个面积至少等于 161 mm² 的感兴趣区域,最小边长尺寸为 12.7 mm,然后将感兴趣区域均匀划分为至少 100 个相互不重叠的正方形“瓷砖”,即正方形面积至少为 1.61 mm²,边长为 1.27 mm。然后在每个“瓷砖”内执行 900 次间隔均匀且互不重叠的密度测量操作。式(1)、(2)分别为 ISO 13660 规定的颗粒度和色斑的计算式。

$$\text{ISO Graininess} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}{n}} \quad (1)$$

式中: σ_i 指测量密度数据平均值的标准偏差; n 指“瓷砖”个数。

$$\text{ISO Mottle} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left[m_i - \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i \right) \right]^2} \quad (2)$$

式中: m_i 指每个“瓷砖”内的平均密度值; n 指“瓷砖”个数。

1.2 复合计算模型

国外有学者于 2003 年提出了式(3),这是一种新的均匀度检测模型,该模型基于理论上人眼对不同频率区间图像的感受效果不同,将图像频率与人眼视觉函数相结合对图像均匀度进行评价。该模型主要考虑视觉上最为敏感的 0.062 5~4 的频率区间^[5,7]。

$$\text{IM Mottle} = \frac{1}{\sqrt{R}} \sqrt{\int_{0.0625}^4 \sigma(\mu)^2 \omega(\mu)^2 \frac{d\mu}{\mu}} \quad (3)$$

式中: R 是每个色块的平均反射率; $\sigma(\mu)$ 是周期为 μ 的反射率的标准偏差; $\omega(\mu)$ 是人眼对比敏感度函数在频率 μ 处的函数值。

在该模型的计算中,需要利用 Matlab 软件对图像进行傅里叶变换,然后利用带通滤波器对图像进行

滤波变换,截取人眼敏感度较高的 0.062 5~4 的频率区间,通过傅里叶变换可以看到 0.062 5~4 频率区间内的频谱图,见图 1。

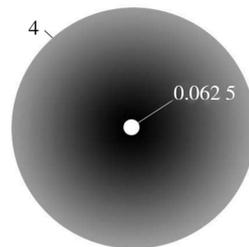


图 1 带通滤波频谱

Fig. 1 Spectrum image of band-pass filter

由于在该模型中需要进行积分计算,这就需要通过调整带通滤波器的频率上下限,对各个频率区间的计算结果进行求和。将图像分为 0.062 5~0.125, 0.125~0.25, 0.25~0.5, 0.5~1, 1~2, 2~4 共 6 个频率区间,并按照所分的频率区间对图像进行带通滤波变换,见图 2。

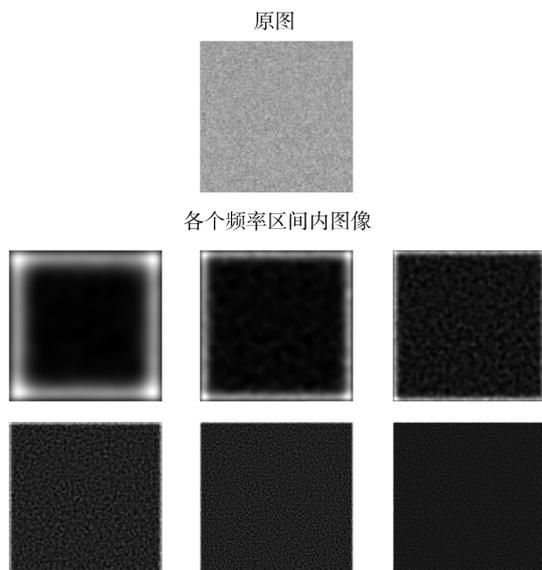


图 2 经过带通滤波变换的图像

Fig. 2 The image after band-pass filter transformation

将经过带通滤波变换后的各个频率区间内图像,分别与对应频率的对比敏感度函数值相乘,人眼对比敏感度函数见图 3^[8]。根据下面实验中标定的反射率和灰度的函数关系可得到反射率的值,即可按照式(3)计算出结果。

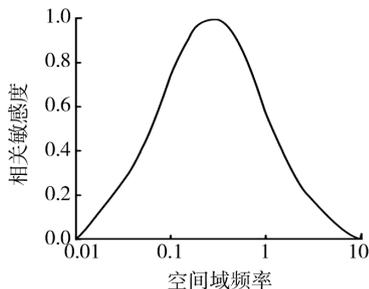


图 3 敏感度函数对比

Fig. 3 Contrast of sensitivity function

2 实验验证

由于 ISO 13660 的 2 种检测模型都是基于密度对印品均匀度进行计算的, Fahlerantz 提出的复合计算模型中也需要用到反射率的值, 而 CCD 仪器只能测得图像在显示器上的灰度值, 无法直接测得密度和反射率。这就需要利用实验完成密度值与灰度值关系的标定。从式(4)可以看出, 密度与反射率之间存在对数关系, 得到密度与灰度值的函数关系后可通过密度与反射率之间的对数关系, 得到反射率与灰度的函数关系, 实验流程见图 4。

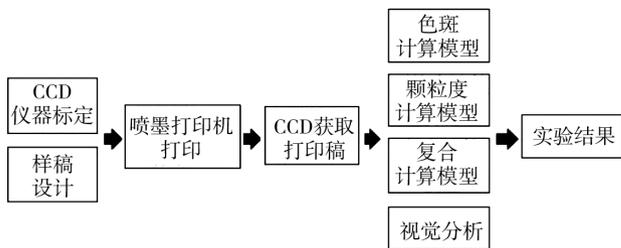


图 4 实验流程

Fig. 4 Procedure of experiment

$$D = \lg \frac{1}{\rho} \quad (4)$$

其中: D 为密度; ρ 为反射率。

2.1 材料和仪器

实验用纸: 泛太克纸 127 g/m^2 。

实验仪器: Epson stylus pro7880c 喷墨打印机; ArtixScan 1800f 扫描仪; Spectrodensitometer X-Rite 密度计。

2.2 仪器标定及实验样本设计

2.2.1 CCD 仪器的标定

1) 利用 Photoshop 设计出灰梯尺, 见图 5。

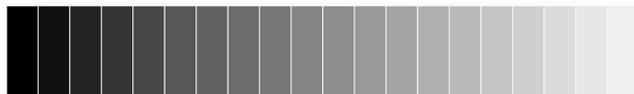


图 5 设计的灰梯尺

Fig. 5 Designed grayscale ruler

2) 利用 Epson stylus pro7880c 喷墨打印机将原稿按照黑白方式打印出来, 等油墨干燥后用密度计测量其密度数据, 见表 1。

表 1 密度测量结果

Tab.1 Density measurement data

1.21	1.04	0.93	0.83	0.73	0.63	0.53	0.46	0.39	0.34	0.28	0.24
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

3) 对打印后的图像进行扫描得到电子稿见图 6。



图 6 扫描得到的灰梯尺

Fig. 6 Gray scale by scanning

4) 利用 MATLAB 获得灰度梯尺各梯阶的灰度值数据, 见表 2。

表 2 各梯阶的灰度

Tab.2 Gray scale data

108.2759	119.1174	129.1386	139.2196	151.4676	162.8394
175.0751	185.6979	197.3242	206.1819	216.0822	224.5095

5) 由于在 ISO 13660 中需要用到印品的密度测量值, 而通过 CCD 仪器只能获得印品的灰度值, 所以需要据以上 2 组数据, 利用 Matlab 曲线拟合的方法, 得到密度与灰度之间的关系, 见图 7, 用于色斑及颗粒度 2 种模型的计算。

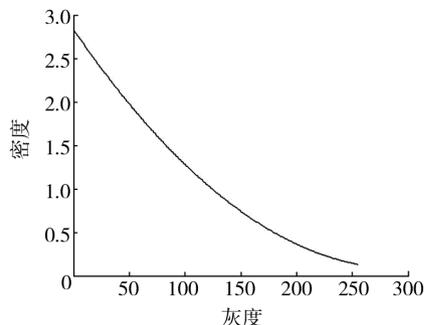


图 7 密度-灰度曲线

Fig. 7 Curve of density-gray scale

在所引入的复合计算模型中,需要用到反射率的测量数据,而 CCD 仪器无法直接测得反射率数据,但由以上曲线拟合的方式可得到灰度与密度之间的函数关系,而密度和反射率之间又存在对数关系,从而可得出灰度与反射率之间的函数关系,见图 8。

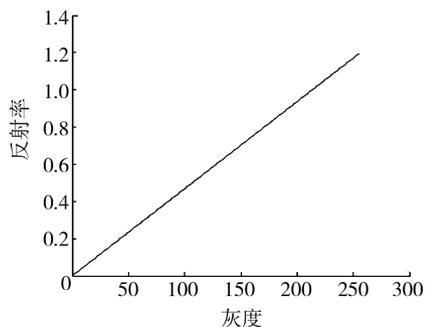


图 8 反射率-灰度曲线

Fig. 8 Curve of reflectance-gray scale

2.2.2 样本设计

为比较 3 种模型与视觉评价的一致性,在实验中设计了 10 个完全相同的色块,并利用 Matlab 对每个色块加入了不等量的高斯噪声,见图 9。使各个色块

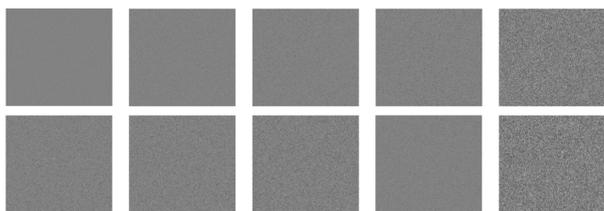


图 9 设计的样本色块

Fig. 9 Designed sample patches

之间唯一的差别就是所含的噪声量不同。然后用 Epson stylus pro7880c 喷墨打印机将这些色块打印出,并利用 ArtixScan 1800f 扫描仪获得电子稿,见图 10。

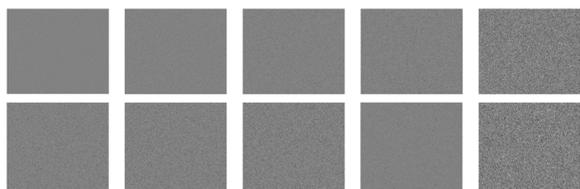


图 10 CCD 获取的样本色块

Fig. 10 Sample patches scanned by CCD

2.3 对样品色块均匀度进行评价

2.3.1 均匀度检测模型评价(客观评价)

将获取的色块电子稿进行位置校正、裁剪等基本图像处理变换之后,分别利用 3 种检测模型对这些色

块进行计算。根据 3 种模型对各色块的计算结果,分别将色块放置在具有刻度的实验台之上,其中最不均匀的放置实验台最左端,最均匀的色块放置最右端。在两色块之间,其他色块按照计算结果从左至右从不均匀到均匀依次排列,任意两色块的间距根据两色块模糊度的差异大小按比例放置,并记录色块排列的顺序及各色块所处的位置刻度。

2.3.2 视觉评价(主观评价)

选择 10 名观察者,5 男 5 女,年龄在 20~25 岁之间。这 10 名观察者都具备正常的视觉能力或者纠正后具备正常的视觉能力,在视觉分析方面,他们中既有对均匀度毫无视觉分析经验的人,也有具备一定分析能力的研究生。

视觉分析过程在光线不变的实验室里进行,色温约为 5 000 k。10 名观察者分别被要求将色块放至实验台之上,其中最不均匀的放置实验台最左端,最均匀的色块放置最右端。在两色块之间,其他色块按照计算结果从左至右从不均匀到均匀依次排列并记录各个色块排列的顺序,任意两色块的间距按照视觉上模糊度的差异大小放置。根据 10 名观察者的排序结果及各色块的位置,对色块进行排序,当所有观察者们对排序结果感到基本满意时,记录此时色块排列顺序及色块的位置刻度。

2.4 结果分析

通过均匀度检测模型对色块均匀度进行检测,可得到 3 组色块排列次序及色块排放位置,将这 3 组色块分别与视觉排序结果进行比较,经过计算分析,可得出 ISO Graininess, ISO Mottle, IM Mottle 的排序结果与视觉排序的符合度分别约为 41%, 82%, 92%。

由于以上分析都在环境、仪器、材料完全相同的实验条件下进行,所以根据以上实验分析结果,IM Mottle 色斑检测模型与人眼主观评价最为接近,3 种计算模型与人眼视觉的符合程度见图 11,其中纵坐标为 3 种客

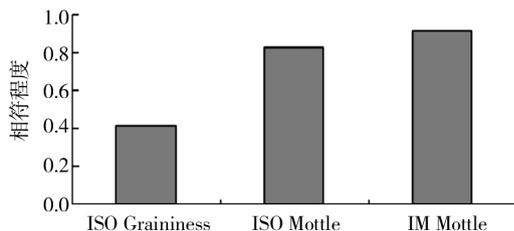


图 11 客观评价与主观评价的符合程度

Fig. 11 Consistency between objective and subjective evaluation

观评价结果与人眼主观评价结果的符合程度。

3 结语

通过以上实验,可得出以下结论:

1) IM Mottle 均匀度检测模型将人眼视觉函数考虑在内,与人眼视觉分析最为接近。

2) ISO 13660 规定的颗粒度和色斑两属性,色斑在图像均匀度方面具有更大的影响。

由实验可知,IM Mottle 均匀度检测模型由于将人眼视觉考虑在内,与 ISO 13660 规定的色斑、颗粒度检测模型相比,更能全面反映印品均匀度的视觉呈现,因此在将来的均匀度检测方面,该模型具备很高的应用价值^[9],同时本检测方法及检测流程也可为 ISO 13660 中其他属性,如线条、模糊度、粗糙度等属性的检测提供一定的借鉴意义。

ISO 13660 中其他属性的采样方法及检测模型在实际检测过程中也有很多需要改进的地方^[10],不过,由于实验仪器和时间有限,只对影响喷墨印刷均匀度的 3 种检测模型进行了实验比较,若将 CCD 仪器全面应用于印刷质量检测领域,进而构建完整的印刷质量检测体系,还需要大量的理论研究和实验分析。

参考文献:

- [1] 唐万有,王文凤. 应用于印刷品质量检测的机器视觉系统[J]. 微计算机信息,2008,24(2-3):42-44.
TANG Wan-you, WANG Wen-feng. An Example of Machine Vision Applied in Printing Quality Checking—Research on the Checking of Printing Quality by Image Processing[J]. Control & Automation, 2008, 24(2-3):42-44.
- [2] 陈亚军,张二虎. 基于图像处理的印刷缺陷在线监测系统的研究[J]. 包装工程,2005,12(6):64-66.
CHEN Ya-jun, ZHANG Er-hu. Research on-line Defect Detection System for Printed-matter Based on Image Processing[J]. Packaging Engineering, 2005, 12(6): 64-66.
- [3] 薛延学,张二虎. 基于计算机视觉的印刷包装品缺陷监测系统[J]. 包装工程,2004,25(5):185-187.
XUE Yan-xue, ZHANG Er-hu. The Defects Detection System of Printed Products Base on Computer Vision [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 185-187.
- [4] 姚海根. 图像捕获设备测量与分析数字印刷质量的可行性[J]. 出版与印刷,2008,(3):2-5.
YAO Hai-gen. Feasibility of Digital Printing Quality Measurement and Analysis Established on the Basis of Image Capture Devices[J]. Publishing & Printing, 2008 (3):2-5.
- [5] FAHLCRANTZ Carl-Magnus, JOHANSSON Per-Ake. A Comparison of Different Print Mottle Evaluation Models,2004.
- [6] 孔令君,刘真,姜中敏. 基于 CCD 数字印刷质量检测与分析技术[J]. 包装工程,2010,31(3):92-95.
KONG Ling-jun, LIU Zhen, JIANG Zhong-min. CCD-based Digital Print Quality Measurement and Analysis Techniques[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(3): 92-95.
- [7] FAHLCRANTZ Carl-Magnus, JOHANSSON Per-Ake. Print Mottle Evaluation of Flexographic Prints-Using a Scanner-based Measurement System. (余不详)
- [8] CHRISTOFFERSSON Jessica. Evaluation of Systematic & Color Print Mottle,2004. (余不详)
- [9] WOLIN Dave, JOHNSON Kate, KIPMAN Yair. The Importance of Objective Analysis in Image Quality Evaluation[C]. International Conference on Digital Printing Technologies,1998.
- [10] RAMZANI-KEBRIA H, AKBARI Bengar R. Application of Mottle and Graininess Alogorithms for Nano-Web Unifoumity Evaluation Textile Science and Technology Journal,2009. (余不详)