

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2015.01.012

# 基于颜色分割的印版网点面积率测量方法

梁金星<sup>1</sup>, 李聪<sup>2</sup>, 陈聪梅<sup>2</sup>, 周罗岚<sup>3</sup>

(武汉大学 印刷与包装系, 湖北 武汉 430079)

**摘要:** 基于机器视觉的印版质量检测角度, 提出了一种基于颜色分割的印版图像网点面积率测量方法。首先, 通过图像采集设备获取印版网点的显微图像, 对采集的印版网点显微图像进行颜色空间转换, 利用饱和度信息对变换后的图像进行粗分割; 而后依据图像颜色色相信息对其进行精确分割, 经过形态学去噪处理后, 对分割后的印版显微图像进行像素统计, 并计算网点面积率。实验结果表明, 基于颜色分割的网点面积率测量方法的测量精度较高, 版材适用性较好。

**关键词:** 印版质量检测; 印版显微图像; 颜色分割; 网点面积率测量

中图分类号: TS804

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2015)01-0061-05

## Dot Area Coverage Percentage Measurement Method for Plate Based on Color Segmentation

Liang Jinxing<sup>1</sup>, Li Cong<sup>2</sup>, Chen Congmei<sup>2</sup>, Zhou Luolan<sup>3</sup>

(School of Printing and Packaging, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Considering the plate quality detection method in accordance with machine vision, an innovative dot area coverage percentage measurement method for plate microscopic image based on color segmentation was proposed. Plate microscopic image was acquired firstly by using image capture device, then the plate microscopic image was transformed from RGB to HSI space. The plate microscopic image was segmented from coarse to fine according to the saturation and the hue information. After morphological denoising, the dot area coverage percentage was calculated by the pixel statistical method. The experiment showed the dot area coverage percentage measurement method based on color segmentation was of high measurement precision and good plate applicability.

**Key words:** plate quality detection; plate microscopic image; color segmentation; dot area percentage measurement

## 0 引言

在印刷生产工业中, 彩色图文信息通常以印版为传递载体, 利用印版上制版生成的网点将图文信息转印到承印物, 因此, 印版网点的面积率等参数

最终决定了承印物上印刷品的图像质量。

印版网点面积率是指单位区域印版网点部分面积占印版单位面积的百分比。传统的印版网点面积率测量方法中, 主要通过人工测量或利用反射密度

收稿日期: 2014-11-01

基金项目: 国家科技支撑计划基金资助项目(2013BAH03B01), 广东省教育部产学研结合重大专项基金资助项目(2012A090300017)

作者简介: 梁金星(1989-), 男, 山东菏泽人, 武汉大学硕士生, 主要研究方向为图文信息处理,

E-mail: licong\_carp@whu.edu.cn

计或分光光度计等设备进行测量。其中,通过人工测量的方法易受人的主观因素影响,致使检测结果因检测者的不同而产生一定程度的误差。通过密度计或分光光度计等设备测量印版网点面积率的方法,无法得到每个网点的真实大小和分布情况<sup>[1]</sup>。

随着机器视觉研究的迅速发展及其技术的日渐成熟,基于机器视觉的印版质量检测技术在印刷工业生产中得到了越来越广泛的应用<sup>[2-3]</sup>,但是仍然存在一些不足之处。基于此,本文提出一种基于颜色分割的印版图像网点面积率测量方法,用于印版成像质量检测,以为印刷生产工业提供一定的理论参考依据。

## 1 基于机器视觉的网点面积率测量

基于机器视觉的印版网点测量方法的基本原理如下:首先,通过 CCD/CMOS 相机采集印版显微图像;然后对印版显微图像做增强处理;接下来对增强后的图像进行网点分割;最后,依据处理后的图像进行印版网点面积率计算。具体流程见图 1。



图 1 基于机器视觉的印版质量检测

Fig. 1 The detection of plate quality based on machine vision

通常情况下,由于采集到的印版显微网点图像具有反差小、边缘模糊等特点,导致灰度化处理部分图像区域有时无法区分网点覆盖部分与空白区域。此外,印版上的脏点在灰度化处理时,也容易使得印版网点面积率测量精度降低。因此,需要经过图 2 所示的对比度增强处理之后,才能更加准确地计算网点面积率。



图 2 基于灰度分割的印版网点面积率测量方法

Fig. 2 Dot area coverage percentage measurement based on gray segmentation

随着制版技术的发展,印版类型逐渐趋于多样化,图 3 所示为采集到的喷墨印版显微网点图像<sup>[4]</sup>,图中呈现的黄色为喷涂网点材料的颜色。此种印版主色相为黄色,制版过程中,网点采用黄色亲油材料喷制而成,如果按常规灰度化处理,处理后印版网点的部分信息容易丢失,加之印版上的脏点在灰度化处理时的影响,会致使实际测量的网点面积率的准确性降低。对于这类喷墨印版,无法利用基于灰度分割的网点面积率测量方法对实际的印版质量进行准确地检测与分析。

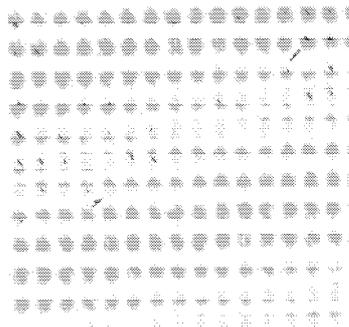


图 3 纳米喷墨印版显微图像

Fig. 3 Nano-print plate image

## 2 基于颜色分割的网点面积率测量

由于喷墨印版图像网点部分与空白部分的颜色信息和饱和度信息差异较大,因此在进行印版网点面积率测量时,可以利用印版显微图像的色相信息与饱和度信息。基于此,本文提出一种基于颜色分割的印版网点面积率测量方法,具体的算法流程图如图 4 所示。

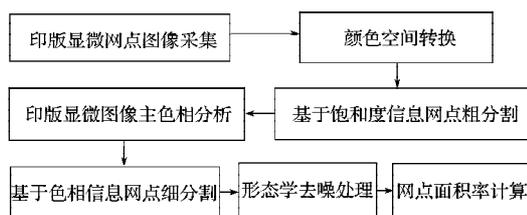


图 4 基于颜色分割的网点面积测量方法

Fig. 4 Dot percentage method based on color segmentation

基于颜色分割的网点面积率测量方法的主旨是利用网点部分的颜色信息进行精确分割,而采集到的 RGB 图像无法从颜色空间中反映出图像的饱和度、色相和亮度等信息。因此,操作过程中,需首先将采集到的测量区域印版显微图像转换至 HSI 颜色空间,并且统计分析印版显微图像,得到印版图像饱和度信息和色相信息在 HSI 颜色空间的分布情况;然后,利用饱和度信息粗分割印版显微图像,再利用色相信息进行细分割;经过形态学去噪处理后,对分割后的印版显微图像进行像素统计并计算,得到网点面积率。

### 2.1 颜色空间转换

采集的待测区域印版显微图像,通常以 RGB 分量的形式存储在计算机中,不能直接反映图像像素的饱和度及色相等信息。而本文采取的网点面积率测量方法,需要利用印版显微图像的饱和度信息和色相信息。因此,需要将印版显微图像从 RGB 颜色空间转换到 HSI 颜色空间。

从 RGB 颜色空间转换到 HSI 颜色空间的变换可表示为<sup>[5]</sup>:

$$H = \begin{cases} \theta & B \leq G; \\ 360 - \theta & B > G. \end{cases}$$

式中:  $H$  为色相;

$B$  为印版显微图像蓝色通道信息值;

$G$  为印版显微图像绿色通道信息值;

$$\theta = \begin{cases} \frac{1}{2} [(R-G) + (R-B)] \\ \sqrt{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^2} \end{cases}$$

其中  $R$  为印版显微图像红色通道信息值。

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)],$$

式中  $S$  为饱和度。

$$I = (R+G+B)/3,$$

式中  $I$  为亮度。

### 2.2 饱和度粗分割

本研究采用最大类间方差法求取饱和度粗分割阈值, 并且用该阈值对印版显微图像进行粗分割。最大类间方差是一种基于图像一维灰度直方图的自适应阈值确定方法。它按照图像的灰度特性将图像分成背景和前景 2 部分, 背景和前景之间的类间方差越大, 说明构成图像的 2 部分的差别越大。使类间方差最大的分割意味着错分概率最小。由于印版显微图像网点部分和空白部分的饱和度差异较明显, 并且具有双峰性, 因此, 利用最大类间方差法求取饱和度粗分割阈值, 能使得网点部分和空白部分的错分概率最小。

对于喷墨印版显微图像  $I_{(x,y)}$ , 印版网点部分和空白部分的饱和度分割阈值记作  $T$ , 属于网点部分的像素数目占印版显微图像总像素的比例记为  $w_0$ , 平均饱和度记为  $u_0$ ; 空白部分像素数目占印版显微图像总像素的比例为  $w_1$ , 平均饱和度为  $u_1$ 。印版显微图像的总平均饱和度记为  $u$ , 类间方差记为  $g$ 。假设印版图像的大小为  $m \times n$ , 图像中像素饱和度小于阈值的像素数目记作  $n_0$ , 饱和度大于阈值的像素数目记作  $n_1$ <sup>[6]</sup>, 则有:

$$\begin{aligned} w_0 &= n_0 / (m \times n), \\ w_1 &= n_1 / (m \times n), \\ n_0 + n_1 &= m \times n, \\ w_0 + w_1 &= 1, \\ u &= w_0 u_0 + w_1 u_1, \end{aligned}$$

$$g = w_0 (u_0 - u)^2 + w_1 (u_1 - u)^2.$$

根据以上关系式可得如下公式:

$$g = w_0 w_1 (u_0 - u_1)^2.$$

当方差  $g$  最大时, 认为此时网点部分和空白部分差异最大, 即为进行饱和度粗分割的阈值。利用通过最大类间方差求得的饱和度粗分割阈值对印版图像进行分割, 可有效地将空白部分与网点部分分割开。图 5 所示为利用饱和度信息粗分割得到的图像, 展示了粗分割后印版的网点部分和非网点部分。从图中可看出, 饱和度粗分割可有效分割印版图像网点部分和非网点部分。

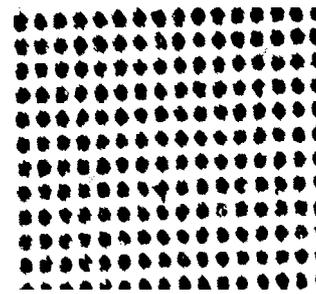


图 5 饱和度分割后的网点图像

Fig. 5 Saturation segmentation dot image

### 2.3 主色相分析

印版显微图像由具有颜色信息的网点部分和无颜色信息的空白部分组成, 且只有网点部分颜色信息单一稳定。经过饱和度粗分割的喷墨印版显微图像需要利用颜色信息进行细分割以获取精确的网点部分。统计经饱和度阈值分割后的印版显微图像的色彩信息以获取印版图像网点部分的色相分布, 其中最大色相即为印版图像的主色相。

未经过饱和度粗分割和经饱和度粗分割后的印版显微图像色相信息统计直方图如图 6 和图 7 所示, 可以发现, 印版显微图像经饱和度粗分割后, 可有效提取其网点部分的色相信息。统计喷墨印版待测区域显微图像的网点部分色相信息, 并且绘制如图 7 所示的直方图, 直方图中波峰部分即为印版图像的主色相。

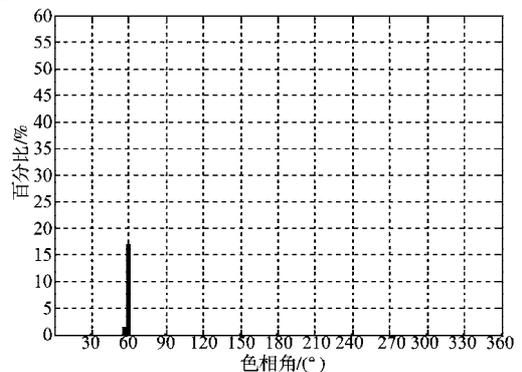


图 6 未经粗分割印版图像色相直方图

Fig. 6 The hue histogram of plate image without segmentation

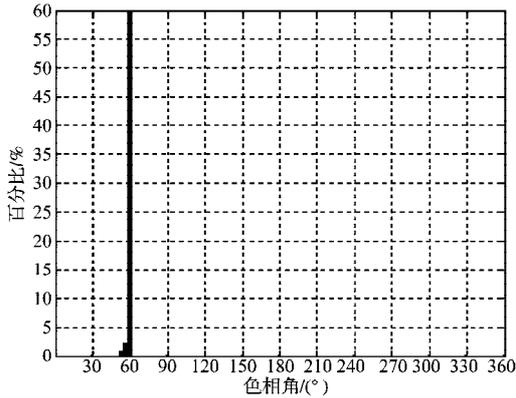


图7 饱和度粗分割印版图像色相直方图  
Fig. 7 The hue histogram of plate image with segmentation

2.4 颜色分割阈值确定

在基于颜色分割的印版显微图像网点面积率测量方法中，需利用印版显微图像色相信息对粗分割后的印版显微图像进行细分割。工业生产中的印版，其色相类别利用HSI空间中的三原色（红色、绿色、蓝色）及其3个混合色（黄色、青色、品红色）即可以完全描述。因此，可以先将HSI颜色空间的颜色信息按照色相分为红色、黄色、绿色、青色、蓝色、品红色6部分<sup>[7]</sup>，对应的色相角分别为 $[330^\circ, 30^\circ)$ ,  $[30^\circ, 90^\circ)$ ,  $[90^\circ, 150^\circ)$ ,  $[150^\circ, 210^\circ)$ ,  $[210^\circ, 270^\circ)$ ,  $[270^\circ, 330^\circ)$ ，如图8所示。

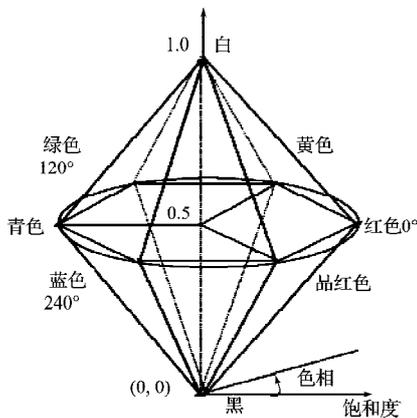


图8 HSI颜色空间  
Fig. 8 Color space of HSI

对喷墨印版显微图像进行主色相分析后可以得到印版显微图像的主色相，对应地，可获得主色相在分割后HSI颜色空间的色相角区间。以印版主色相所在的色相角区间为阈值，对粗分割后的印版图像进行精确分割。经过颜色信息精确分割后的印版显微图像如图9所示，经精细分割后，印版上的脏点已经被去除。可见，利用颜色分割方法可以有效分割印版显微图像。

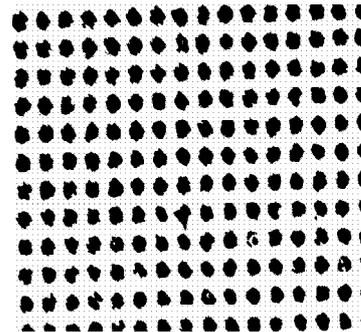


图9 颜色分割后的印版图像  
Fig. 9 Color segmentation

2.5 图像形态学去噪处理

经颜色分割后的印版显微图像，其网点部分会存在空洞，空白部分会存在斑点，如图9所示。这些空洞和斑点会影响印版网点面积率的计算，因此，需要对颜色分割后的喷墨印版二值图像进行去噪处理。常用的去噪方法是通过数学形态学去噪<sup>[8]</sup>。

形态学去噪常用的方法有腐蚀和膨胀。腐蚀具有使目标缩小、目标内孔增大及外部孤立噪声消除的效果，经过腐蚀后的印版显微图像其非网点部分的斑点被消除；膨胀是将图像中与目标物体接触的所有背景点合并到物体中的过程，结果是使目标增大、孔洞缩小，可填补目标中的空洞，经过腐蚀处理之后，印版显微图像网点内部的空洞被填补为网点。为了保证网点面积率不变，通常将腐蚀和膨胀2种方法结合使用，即开运算和闭运算<sup>[9]</sup>。

经过腐蚀、膨胀处理后的喷墨印版显微图像如图10所示，可以发现，经形态学处理后的印版图像，其网点部分空洞处得到了较好的补偿。

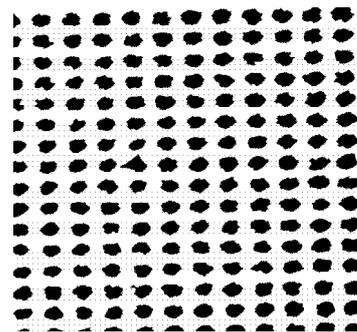


图10 数学形态学处理后的印版图像  
Fig. 10 Plate image with mathematical morphology

3 实验结果与分析

将本文所提出的方法对纳米喷墨印版进行印版面积率测量，并将测量结果与国际印刷产业广泛采用的iCPlate 2印刷检测仪所测量的结果进行比较<sup>[10]</sup>，所得结果如表1所示。同时，利用本文所提出的方法

对目前印刷行业中最常用的CTP印版进行印版面积率测量,并将测量结果与iCPlate 2印刷检测仪所测量的结果进行比较,所得结果见表2。

表1 纳米喷墨印版网点面积率测量结果

网点面积率	iCPlate 2 测量值	本文方法 测量值	网点面积率	iCPlate 2 测量值	本文方法 测量值
1	42.55	0.70	60	98.30	56.88
5	99.00	3.42	70	99.46	66.45
10	100.00	8.83	80	94.48	77.87
20	91.03	16.70	90	88.48	87.30
30	99.58	23.10	95	100.00	95.10
40	85.00	34.12	98	93.03	97.50
50	99.46	47.06			

表2 CTP印版网点面积率测量结果

网点面积率	iCPlate 2 测量值	本文方法 测量值	网点面积率	iCPlate 2 测量值	本文方法 测量值
1	0.68	0.96	60	57.68	57.38
5	3.72	3.32	70	67.98	67.94
10	7.94	7.90	80	79.10	79.46
20	17.34	17.68	90	89.18	89.60
30	26.62	27.34	95	94.30	94.80
40	36.70	37.34	98	97.86	98.08
50	47.62	47.40			

表1和表2所示的测量结果,是对同一张印版,分别用爱色丽公司的iCPlate 2印版检测仪和显微成像仪测量5次,并比较网点面积率测量结果的平均值。从表1中可以发现,iCPlate 2无法准确测量纳米喷墨印版的网点面积率,而本文提出的测量方法,在1%~98%整个阶调上都能保持较好的稳定性。分析表2中的数据可以发现,采用本文提出的方法,在1%~98%整个阶调上都能保持较好的稳定性,测量值和iCPlate2印版检测仪测量的结果基本保持一致。因此,基于颜色分割的印版显微图像网点面积率测量方法可以用于测量纳米喷墨印版和CTP印版的网点面积率。

## 4 结语

随着印版制版技术的发展,常规的印版网点面积率测量方法不能满足检测要求。本文采用光学显微成像仪进行图像采集,利用印版图像颜色分割进行图像分割,计算网点面积率。实验结果表明,基于颜色分割的印版显微图像网点面积率测量方法,不仅适用于采用新制版技术生产的印版的网点面积率测量,而且对传统CTP版也可以取得比较精确的

网点面积率测量值,具有较宽的使用范围。

## 参考文献:

- [1] 徐咏驰. 印版显微灰度图像二值化算法研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2009.  
Xu Yongchi. Binarization Algorithm Plate Microscopic Image [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2009.
- [2] Bhanu Prasad P. Machine Vision Systems and Image Processing with Applications[J]. Journal of Innovation in Computer Science and Engineering, 2013, 2(2): 1-4.
- [3] Davies E R. Computer and Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities[M]. New York: Academic Press, 2012: 1-9.
- [4] 周海华, 宋延林. 纳米打印直接制版技术[J]. 影像技术, 2010, 22(6): 28-29, 53.  
Zhou Haihua, Song Yanlin. Nano-Print to Plate Technology [J]. Image Technology, 2010, 22(6): 28-29, 53.
- [5] Rafael C Gonzalez, Richard E Woods. 数字图像处理[M]. 3版. 阮秋琦, 阮宇智, 译. 北京: 电子工业出版社, 2011: 257-262.  
Rafael C Gonzalez, Richard E Woods. Digital Image Processing[J]. 3rd ed. Ruan Qiuqi, Ruan Yuzhi, Translated. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011: 257-262.
- [6] Otsu N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms[J]. IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1): 62-67.
- [7] Kumaravel M, Karthik S K, Sivraj P S, et al. Human Face Image Segmentation Using Level Set Methodology[J]. International Journal of Computer Applications, 2012, 44(12): 16-22.
- [8] 石跃祥, 康 蕴, 刘海涛. 基于数学形态学的彩色噪声图像边缘检测算法[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(3): 1172-1174.  
Shi Yuexiang, Kang Yun, Liu Haitao. Based on Mathematical Morphology of Color Noise Image Edge Detection Algorithm[J]. Application Research of Computers, 2012, 29(3): 1172-1174.
- [9] 余节约, 李耀明. 基于图像处理的印版网点面积率检测[J]. 中国印刷与包装研究, 2012, 4(6): 17-21.  
Yu Jieyue, Li Yaoming. Detection of Dot Area Coverage on the Plate Based on Image Processing[J]. China Printing and Packaging Study, 2012, 4(6): 17-21.
- [10] Poljak J, Botella G, Garc í a C, et al. Offset Printing Plate Quality Sensor on a Low-Cost Processor[J]. Sensors, 2013, 13(11): 14277-14300.

(责任编辑: 廖友媛)