

一种印刷品套准检测方法研究

许海涛, 胡更生*

(杭州电子科技大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:为解决在线检测四色套准精度的问题,将彩色图像分割技术应用到套准精度的检测中。建立了 RGB 和 $L^*a^*b^*$ 之间的关系,提出了阈值分割法和 ISODATA 聚类法。在 Matlab 软件中实现了印刷品套印图像的彩色分割,以及套印精度的计算。对四色套印检测的准确性进行了评价。研究结果表明该方法能够准确地计算出套印误差,可用于在线检测印刷品缺陷的系统中。

关键词:数字图像处理;套印误差;色彩空间转换;图像分割

中图分类号:TP391;TH39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)05-0601-04

Detection method of printed register

XV Hai-tao, HU Geng-sheng

(Mechanical Engineering College, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to solve the problems of the accuracy about four-colors overprint markers at online detection, the color image segmentation was investigated. The relationship between RGB and $L^*a^*b^*$ was established. The methods of threshold and ISODATA image segmentation were presented. The color image segmentation was realized by Matlab, and the accuracy of four-colors overprint were evaluated. The experimental results show that the method can extract calculate the overprint error, and it can be used in the real-time print-detect system for Web offset printing.

Key words: digital image processing; overprint error; color space conversion; image segmentation

0 引言

套印是否准确是衡量现代彩色印刷质量的基本要求之一。随着生活水平及工艺水平的提高,人们对高品质印刷品的要求逐渐提高,在印刷工艺方面,对套印偏差检测技术的要求也越来越高。由于传统的目视检测方法存在耗时长、精确度小、主观性大等弊端,无法满足印刷技术发展需要,越来越多的人更加关注机器视觉技术在印刷技术方面的应用。采用图像处理技术对印刷品进行套印检测,可以高效率、高质量地监控套印是否准确^[1-3]。

在彩色印刷品的套准中,为了测定套印的准确程度,通常采用“定位标记法”跟踪套印时的变化,使操作人员能够及时采取措施,提高套印精度。在印刷过程中通常采用“十字线标记法”定位。套印十字线标

记在制版时就标定在印版的四角和中间位置上。在印刷时,印刷品的四角及中间部位依次将不同的颜色印到预定的位置。由于直线有着简单的几何特性,用它描述目标的边缘特征可以提高图像后续处理的效率^[4]。

本研究提出的套印标记检测的基本思想是:首先选择合适的图像颜色空间,对图像的每一个像素点进行颜色特征的提取,形成像素的特征限量空间,在此特征空间中,运用 ISODATA 算法确定聚类中心,然后对图像进行聚类和分割,最终得到所需的单色图像,然后计算出十字线中心,从而计算出套印误差。

1 图像空间转换

彩色图像的每个像素有 3 个色彩通道,其分割需要在某种色彩空间中进行。目前的显示器大都是采用

了 RGB 颜色标准。RGB 模式下图像的像素都有 R、G、B 3 个值,并且每个值都可以从 0 ~ 255 变化。RGB 模式的图像可以表示的颜色有 $256 \times 256 \times 256 = 2^{24}$ 种。但是 RGB 适合于显示系统,却不适合于图像分割和图像分析。因为 RGB 的颜色空间很不均匀,并且 RGB 的相关性很高,只要其中一个值变化,其他两个值也会跟着改变,直接利用 R、G、B 对图像进行处理通常不能得到所需的效果,而 CIE1976 $L^*a^*b^*$ 颜色空间则是与人类视觉相近的均匀颜色空间^[5-6],如图 1 所示。

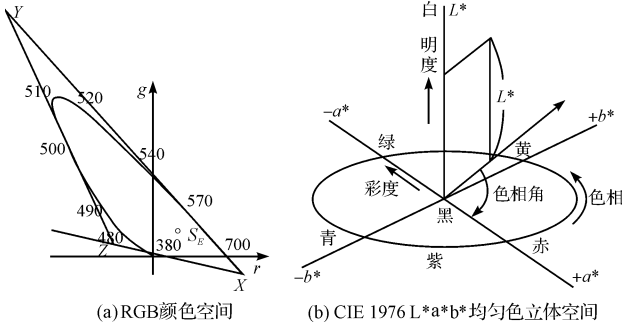


图 1 RGB 和 CIE1976 $L^*a^*b^*$ 颜色空间

CIE1976 $L^*a^*b^*$ 颜色空间是由国际照明委员会于 1976 年推荐的一种颜色模式。它在颜色的色差大于人眼视觉的识别阈值,但却小于孟赛尔系统中的相邻两级之间的色差时,可以很好地反映物体色的心理感受效果。 $L^*a^*b^*$ 色彩模型是目前所有颜色模式中色彩范围最广的一种颜色模式,自然界中的任何一种颜色都可以在 $L^*a^*b^*$ 空间中表达出来。RGB、CMYK 等颜色模式所能描述的颜色信息在 $L^*a^*b^*$ 空间中都能得以映射。即 $L^*a^*b^*$ 能描述正常视力的人能够看到的所有颜色,人的肉眼能感知的颜色都能通过 $L^*a^*b^*$ 模型表现出来。

$L^*a^*b^*$ 是与设备无关的颜色模型。它描述颜色的显示方式,而不是设备(如显示器、数码相机等)生成颜色所需的特定色料的数量。它能在不同平台之间无偏差地进行交换,是一种与设备不相关的色彩空间,无论使用何种设备(如显示器、打印机或扫描仪)创建或输出图像,这种色彩模式产生的颜色都保持一致。 $L^*a^*b^*$ 颜色模式不依赖于特定的设备,可确保输出设备经过校正,它所代表的颜色都能保持一致性,不会受到任何硬件性能和特性的影响,弥补了 RGB 等色彩模式必须依赖于设备色彩特性的不足。

本研究把 RGB 颜色空间转换到 $L^*a^*b^*$ 颜色空间,在 $L^*a^*b^*$ 颜色空间中对套印标记图像进行分割。

RGB 颜色空间转换到 $L^*a^*b^*$ 颜色空间的转换公

式为:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.7689 & 1.7517 & 1.1302 \\ 1.0000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0.0000 & 0.0565 & 5.5943 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{cases} L^* = 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16 & Y/Y_0 > 0.01 \\ a^* = 500[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}] \\ b^* = 200[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}] \end{cases} \quad (2)$$

式中: X, Y, Z —颜色样品三刺激值; X_0, Y_0, Z_0 —CIE 标准照明体的三刺激值; L^* —心理计量明度; a^*, b^* —心理计量色度。

2 彩色图像的分割

所谓图像分割是指将图像中具有特殊含义的区域同其他区域分开,这种特殊含义的区域不相交,且每个区域满足特定区域一致性的条件。

2.1 基于 $L^*a^*b^*$ 的色彩空间的分割

在四色套印标记中,共有 7 种颜色,分别为:C(青色)、M(品红色)、Y(黄色)、K(黑色)、R(红色)、G(绿色)和 B(蓝色)。在 $L^*a^*b^*$ 模式下,首先根据 L 值提取套印标记中黑色部分。

套印标记的黑色部分,由两类组成:黑色墨本身印在承印物上的颜色;和 CMY 三色同时叠加到一起,得到的黑色。从套印标记中分割出黑色部分,首先要在 L 空间内确定阈值的大小。对于黑色部分来讲,它们的 L 值普遍较小。十字线套印标记如图 2 所示,图 2 中各色的 L, a, b 值如表 1 所示。

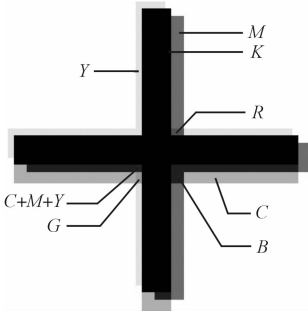


图 2 十字线套印标记

表 1 8 种颜色的 L, a, b 值

	C	M	Y	K	R	G	B	C+M+Y
L	63	50	92	5	48	58	20	16
a	-18	76	-12	7	72	-52	35	2
b	-39	0	90	-9	18	39	-49	-1

本研究根据经验得到阈值 $T = 18$, 获取黑色部分和灰色部分。

本研究提取了黑色部分后,再对剩下的十字线进

行彩色分割。根据剩下的彩色像素部分的色调分别在相应区域的点数,得到色调直方图^[7]。

本研究把直方图划分为 C、M、Y、R、G 和 B 共 6 个区域,求出 6 种彩色以及上一步提取出的黑色区域内像素的平均值,从而获取 7 个初始聚类中心。

2.2 空间聚类方法分割图像

彩色图像常用的分割方法为测量空间聚类法^[8]。图像空间的像素点有多个特征,如灰度、梯度、颜色等。用一个特征矢量 $\mathbf{X}$ 表示一个像素,每一个像素仅有一个特征向量,而每个特征向量对应特征空间中的一个点,因此图像空间的每个点在特征空间中具有惟一的一个对应点。特征向量相似程度大的点在特征空间距离较小,相似程度小的点在特征空间距离较大,这样特征空间中的图像点会形成聚类。本研究把根据不同的特征向量得到的聚类划分开,并映射到图像空间,就可以得到分割的图像。

在印刷过程中通常采用黄色、品红色、青色和黑色来表现色彩,采集到的套印十字线图像主要包含 CMYK 共 4 种颜色。要精确判断 CMYK 四色套印精度需要把套印标记分割成黄色区域、品红色区域、青色区域和黑色区域共 4 个区域。对于套印标记图像来说,CMYK 这 4 种颜色本身就可以作为图像的特征,用颜色空间聚类方法进行图像分割是一种直观快速的方法。

ISODATA 聚类方法是空间聚类中常用的方法之一,它是在 K -均值算法的基础上发展起来的一种非监督分类方法^[9]。理论上讲,ISODATA 聚类方法的初始聚类中心是任意选取的,这为判断套印精度带来了不便。本研究利用一种改进的 ISODATA 聚类方法。

- 在计算中可以调整的参数主要有:
- K :预期的聚类中心数;
 - θ_N :一个类别至少应具有样本数目,如果小于此数就不作为独立的聚类;
 - θ_s :一个类别样本的标准差阈值;
 - θ_c :聚类中心之间距离的阈值,即归并系数,如果小于此数,则两个聚类合并;
 - L :在一次迭代中可以归并的类别的最多对数;
 - I :允许迭代的最大次数。

ISODATA 聚类方法步骤为:

(1) 选取 N_c 个初始聚类中心,计算像素间的距离,并储存到一个矩阵中,根据矩阵求出平均聚类距离;

(2) 以像素点为圆心,以 R_1 为半径,对像素点进行分组,计算每组像素数目。以数目最大的一组作为第一个聚类中心,以 R_2 为差值,寻找下一个聚类中心。

其中, $R_1 = ave_dist \times a$, a 取 1; $R_2 = 2 \times R_1$, 输出聚类中心和聚类数目;

- (3) 将样本归类并修正聚类中心值,计算所有样本像素到聚类中心的平均距离;
- (4) 输出聚类中心 $\{C_1, C_2, \dots, C_K\}$ 。

图像分割的基本步骤为:

(1) 首先确定聚类中心和聚类数目,并对聚类中心进行标记;

(2) 以聚类中心为起点,从聚类中心分别向左右两边和上下两边选择,满足条件的图像区域则标记,不满足的则跳过。

(3) 当一个区域生长到最大,要根据具体情况进行下一步处理。如果图像中还存在未被标记的区域则回到步骤(1),继续下一个区域生长过程;如果整个图像的像素都被标记,则结束图像分割过程。

3 偏差计算

本研究利用以下两个公式对十字线中心进行定位:

$$\bar{X} = \frac{1}{N_{Ri=1, i \in R}} \sum_{i=1}^{N_R} I_i(X) \tag{3}$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{N_{Ri=1, i \in R}} \sum_{i=1}^{N_R} I_i(Y) \tag{4}$$

本研究规定黑色十字线中心坐标为 (X_K, Y_K) , 其他各色十字线中心坐标分别为 (X_Y, Y_Y) 、 (X_M, Y_M) 、 (X_C, Y_C) , 则得到的套印偏差为 $(\Delta X, \Delta Y)$, 即:

$$\Delta X = X_i - X_K \tag{5}$$

$$\Delta Y = Y_i - Y_K \tag{6}$$

式中: Δx —横向的套印偏差; Δy —纵向的套印偏差; X_i, Y_i —YMC 三色的横向坐标和纵向坐标。

本研究计算出横向和纵向的偏差后, 根据实际要求, 当偏差在一定范围内时, 认为满足套准要求。当其偏差超出一定范围时, 则对所检测到的数据做相应处理, 得到实际偏差数值, 并将其转换为控制信号, 进行警报处理, 然后由工作人员调整相应辊筒的位置, 以实现套准要求。

4 实验及结果分析

本研究在 Matlab 下实现, 图像采集设备采用 DC-A2000S 工业数码摄像头, 最高分辨率 1 600 × 1 200, 像素尺寸 4.2 μm × 4.2 μm, 实验数据单位是像素。

采用本研究提出的方法进行分割, 得到的结果如图 3(b)、(c)、(d) 所示。

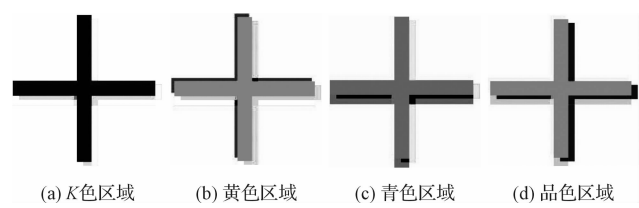


图3 对十字线标记进行分色

本研究对 1 000 张印刷品进行检测实验,并随机抽取 5 张进行数据分析,得到的套印偏差数据如表 2 所示。(横向偏差: Δx ,纵向偏差 Δy)

表 2 5 组样品的套印偏差

	偏差	青-黑	品红-黑	黄-黑
样品 1	Δx	23(0.096 5 mm)	36(0.151 2 mm)	47(0.197 4 mm)
	Δy	21(0.088 2 mm)	-22(-0.092 4 mm)	32(0.134 4 mm)
样品 2	Δx	20(0.084 0 mm)	18(0.075 6 mm)	34(0.142 8 mm)
	Δy	25(0.105 0 mm)	21(0.082 0 mm)	41(0.172 2 mm)
样品 3	Δx	15(0.063 0 mm)	16(0.067 2 mm)	11(0.046 0 mm)
	Δy	12(0.050 4 mm)	15(0.063 0 mm)	14(0.058 8 mm)
样品 4	Δx	11(0.046 0 mm)	11(0.046 0 mm)	15(0.063 0 mm)
	Δy	22(0.092 4 mm)	18(0.075 6 mm)	14(0.058 8 mm)
样品 5	Δx	12(0.050 4 mm)	13(0.054 5 mm)	12(0.050 4 mm)
	Δy	14(0.058 8 mm)	21(0.088 2 mm)	14(0.058 8 mm)

从抽样检测的 5 张印刷品套印误差结果来看,准确率达到 100%,1 000 张印刷品检测统计结果的准确率可达 94.64%,因此,本研究可以对套印偏差进行有效地检测。

5 结束语

通过对 1 000 组套印标记的检测实验与分析表明:利用本研究中的方法检测印刷品,用时短、准确率高,可以满足标准精细印刷套印允许误差不超过 0.1 mm,普通彩色套印允许误差不得超过 0.2 mm 的

国家印刷标准的要求。其实用性强,适用于四色胶印的图像质量检测系统。该方法之所以产生检测误差,是由于进行彩色图像分割时,有些亚像素没有考虑到,还有相机同步精度不够高,以及很多系统触发脉冲,振动造成相机抖动等。因此需要进一步研究对精确度要求比较高的套印检测系统,尽量减少误差,以提高检测的准确性。

参考文献(References):

[1] 高 娟,段中兴.基于数学形态学的套印偏差自动检测算法[J]. 计算机应用,2010,30(2):437-440.

[2] 于丽杰,李德胜,王跃宗.彩色套印偏差检测中的图像处理技术研究[J]. 计算机工程与应用,2010,46(11):190-192.

[3] 蒋恩松,孙刘杰,张 柯.图像匹配技术在套印误差自动检测中的应用[J]. 计算机测量与控制,2008,16(6):757-759.

[4] 冯瑞乾.印刷原理及工艺[M].北京:印刷工业出版社,2005.

[5] 廉玉生,王秀泽.5 种不同颜色空间的均匀性研究[J]. 测绘科学技术学报,2007,24(2):104-106.

[6] 刘武辉,胡更生,王 琪.印刷色彩学[M].2 版.北京:化学工业出版社,2009.

[7] LIU Z W, ZHANG Y J. A comparative and analysis study of ten color feature-based image retrieval algorithms[J]. **Signal Processing**,2000,16(1):79-84.

[8] 林开颜,吴军辉,徐立鸿.彩色图像分割方法综述[J]. 中国图象图形学报,2006,10(1):1-10.

[9] 张语涵,孙劲光,苗锡奎.基于改进的 ISODATA 算法彩色图像分割[J]. 计算机系统应用,2010,19(2):41-45.

[编辑:柴福莉]

(上接第 547 页)

[4] SWITKES M, ROTHCHILD M, KUNZ R, et al. Immersion lithography: beyond the 65 nm node with optics[J]. **Microlithography World**,2003,12(2):4.

[5] SMITH B, KANG H, BOUROV A, et al. Water immersion optical lithography for the 45 nm node[C]//Proceedings of SPIE,2003:679-689.

[6] NELLIS G F, EI-MORSI M S, PESKI C V, et al. Contamination transport in immersion lithography[J]. **Microlithography, Microfabrication, and Micro-systems**, 2006, 5(1):1-10.

[7] WEI A C, NELLIS G F, ABDO A Y, et al. Preliminary micro-fluidic simulations for immersion lithography[C]//Pro-

ceedings of SPIE,2003:713-723.

[8] WEI A, ABDO A. Modeling fluid thermomechanical response for immersion lithography scanning[J]. **Microelectronic Engineering**,2004(73-74):29-34.

[9] BAEK S, WEI A. Simulation of the Coupled Thermal Optical Effects for Liquid Immersion Micro-nano-lithography [C]//Proceeding of SPIE Optical Microlithography. XVII. Bellingham: [s. n.],2004:415-427.

[10] AKIHIRO Y. ArF immersion lithography for 45nm and beyond[C]. Proceedings of International Society for Optical Engineering. Bellingham: [s. n.],2007.

[编辑:张 翔]