

# Hough 变换在数码印花飞线检测中的应用<sup>①</sup>

陈 宁, 赵 鹏

(西安工程大学 计算机科学学院, 西安 710048)

**摘 要:** 针对织物数码印花过程中出现的飞线问题, 以 Hough 变换理论为基础, 结合图像处理技术, 构建了一套数码印花飞线自动检测系统. 通过 Hough 变换提取出图像的直线特征信息后, 利用互相关系数检测出数码印花过程中出现的飞线问题, 最后通过人工检测和检测结果比较发现, 该系统较好地完成了数码印花飞线的自动检测.

**关键词:** Hough 变换; 互相关系数; 数码印花; 飞线; 检测

## Application of Hough Transform to Detection of Flying Line for Digital Printing

CHEN Ning, ZHAO Peng

(College of Computer Science, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048)

**Abstract:** Aiming at flying line for digital printing, with the combination of image processing, this paper presents a technology based on Hough transform to build a automatic detection system of flying line for digital printing. Through extraction of characteristic linear information in fabric image based on Hough transform, flying line for digital printing can be detected by the cross-correlation coefficient. Finally, through comparing with manual inspection, the technology can fairly well detect flying line for digital printing.

**Key words:** Hough transform; cross-correlation coefficient; digital printing; flying line; detection

### 1 引言

数码印花出现于 20 世纪 90 年代, 是随着计算机技术不断发展而逐渐形成的一种集机械、计算机、电子信息技术为一体的高新技术产物<sup>[1]</sup>, 它是通过各种数字化手段, 如:扫描数字相片、图像或计算机制作处理的各种数字化图案输入计算机, 再通过电脑分色印花系统处理后, 由专用的 RIP 软件通过对其喷印系统的控制, 将各种专用染料(活性、分散、酸性主涂料)通过喷嘴喷印到升华转印纸上, 形成一个个色点, 控制着喷嘴的喷射与否, 以及喷头的移动方向, 形成相应的准确的图像, 再通过高温高压后, 将高精度图像转印到纺织品面料上, 形成各种高精度的印花产品, 数码喷绘过程中在升华转印纸上图像出现的横向条纹, 即为飞线问题.

随着印染速度的提高及日益严格的质量要求, 同时由于受主观因素的影响, 传统的人工检测飞线的方

法已变得不可能, 特别是现如今原材料成本不断增加以及机器的高速运转, 使得如果不能及时发现飞线, 就意味着大量废次品损失, 废次品的增多就意味着生产成本的增加, 对企业的影响极大; 如果印花过程中出现以上问题, 而没有及时进行检测, 把一些废品流入社会, 将给厂家造成极坏的社会影响. 无论是生产商还是最终用户, 大家都希望得到良好的、稳定的质量和高效的自动化的飞线检测. 因此, 数码印花飞线自动化检测有着重要的理论意义和实际应用价值.

霍夫变换(Hough Transform, HT)<sup>[2]</sup>非常适合这类问题的参数检测与提取. Hough 变换以其对局部缺损的不敏感性、对随机噪声的鲁棒性以及适于并行处理等优良特性, 受到图像处理、模式识别和计算机视觉等许多领域专家学者的青睐, 已然成为模式识别的一种标准工具. 它的突出优点就是可以将图像中较为困难的全局检测问题转换为参数空间中相对容易解决的

<sup>①</sup> 基金项目:西安工程大学基础科研项目(XGJ07008);陕西省教育厅专项科研计划(12JK0931);中国纺织工业协会科技指导性项目(2010076);国家科技支撑计划(2006BAF01A44)

收稿时间:2012-07-06;收到修改稿时间:2012-08-29

局部峰值检测问题. Hough 变换法是目前应用最广的特征检测方法, 可以检测很多几何特征, 它利用点与线的对偶性, 将原始图像空间的给定的曲线通过曲线表达形式变为参数空间的一个点, 这样就把原始图像中给定曲线的检测问题转化为寻找参数空间中的峰值问题, 巧妙地利用了共面直线相交的关系, 使直线的检测问题转换为计数问题<sup>[3]</sup>.

## 2 理论基础

### 2.1 Hough 变换原理

$$y_i = ax_i + b \quad (1)$$

式中:  $a$  和  $b$  分别为直线的斜率和截距. 对于给定的任意一点  $(x_i, y_i)$ , 通过它的直线有无数条, 且对不同的  $a$  和  $b$  值, 它们都满足这个等式  $y_i = ax_i + b$ . 然而, 将等式写成  $b = -x_i a + y_i$  的形式并参考  $ab$  平面将得到对于定点  $(x_i, y_i)$  的惟一直线方程. 因此, 如果  $o-xy$  平面上有一条直线  $y = ax + b$ , 那么它上面的每一个点都对应于  $o-ab$  平面上的一条直线, 这些直线相交于一点  $(a, b)$ . 利用这个重要性质可以检测出共线点.

使用等式  $y = ax + b$  表示一条直线带来的一个问题是, 当直线接近垂直时, 直线的斜率接近无限大. 解决这一难点的一种方法是使用直线的标准式:

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho \quad (2)$$

式中:  $\rho$  是平面直线到坐标系原点的距离,  $\theta$  是直线法线与  $x$  轴的夹角. 如图 1 所示.

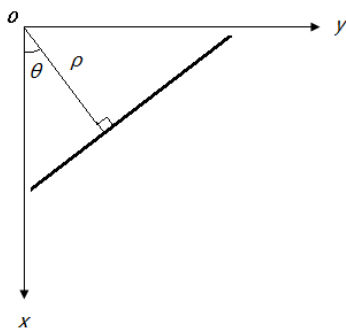


图 1 直线的标准表达方法

于是, 坐标面  $o-xy$  中的一条直线和坐标平面  $o-p\theta$  中的一点对应,  $o-xy$  坐标平面中的一点和  $o-p\theta$  中的一条曲线——对应, 而且容易知道  $o-xy$  中的共线点所对应的  $o-p\theta$  中的曲线交于一点, 如图 2 所示.

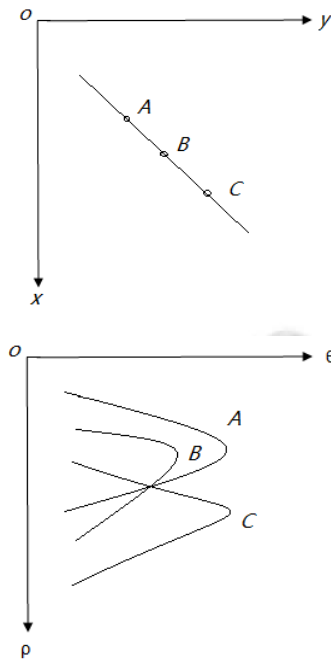


图 2 共线点对应的曲线相交于一点

如果对过这一点的曲线进行计数, 结果会是比较大的数值. 因此可以根据精度将  $o-p\theta$  平面分割成等间隔的小值网格的累加器单元, 开始的时候这些单元被置为零. 对于  $o-xy$  平面中的每一点, 按上面介绍的原理在  $o-p\theta$  平面中画出它对应的曲线, 凡是这条曲线经过的小格, 对应的累加器单元值加 1. 于是累加器单元中的数值等于共线的点数. 当检测直线时, 对应于大计数的小格, 通过它的那些曲线所对应的  $o-xy$  平面的各点接近于共线, 而通过小计数的小格的曲线对应点则认为是孤立点, 不构成直线, 应该去除. 这种检测直线的方法被称之为 Hough 变换直线检测方法.

### 2.2 归一化互相关系数

在 Tsai 等<sup>[4]</sup>提出以互相关为基础的疵点检测过程中, 首先在模板图像和待检图像上同一位置定义 1 个子窗口, 并对子窗口内像素点逐个比较, 以检测二者之间的相关性, 相关性越大, 说明子窗口内相似程度越高. 在计算过程中, 分别以每个像素作为子窗口的中心以计算该像素位置处的互相关性. 在得到待检图像中每一像素点的相关性系数后, 通过设定阈值即可实现待检图像中有关疵点的判断. 对于待检灰度图像中任一点  $(x, y)$ , 互相关系数  $\lambda(x, y)$  计算方法如下:

$$\lambda(x, y) = \frac{\sum_{i=-m/2}^{m/2} \sum_{j=-n/2}^{n/2} f(x+i, y+j) \times g(x+i, y+j) - m \times n \times \mu_f \times \mu_g}{\sqrt{\sum_{i=-m/2}^{m/2} \sum_{j=-n/2}^{n/2} f^2(x+i, y+j) - m \times n \times \mu_f^2} \sqrt{\sum_{i=-m/2}^{m/2} \sum_{j=-n/2}^{n/2} g^2(x+i, y+j) - m \times n \times \mu_g^2}} \quad (3)$$

式中:  $f$ 、 $g$  分别表示模板图像和待检图像;子窗口大小为  $m \times n$ ;  $\mu_f$ 、 $\mu_g$  分别为模板图像  $f$  和待检图像  $g$  中当前子窗口的均值。

$$\mu_f = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=-m/2}^{m/2} \sum_{j=-n/2}^{n/2} f(x+i, y+j) \quad (4)$$

$$\mu_g = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=-m/2}^{m/2} \sum_{j=-n/2}^{n/2} g(x+i, y+j) \quad (5)$$

互相关系数  $\lambda \in [-1, 1]$ , 当  $\lambda > 0$  时表示正相关,  $\lambda < 0$  时表示负相关. 本文取  $\lambda$  的绝对值作为相关系数的计算结果, 当  $\lambda$  趋近于 1 时表示相关性强, 而当  $\lambda$  趋近于 0 时表示相关性弱<sup>[5]</sup>.

### 3 数码印花织物模型的飞线检测

#### 3.1 Hough 变换提取出直线特征

为了简化对数码印花飞线的检测, 减少互相关系数计算的运算量, 首先必须提取出图像的直线特征, 用 Matlab 软件实现. 步骤如下:

- 1) 将图像读入工作空间;
- 2) 对图像进行二值化处理;
- 3) 利用 canny 算子提取出二值化处理后图像的边缘;

4) 对图像进行 Hough 变换, 并通过阈值设定得到强度图像;

5) 通过互相关系数的计算确定出两幅图像的差异, 进而提取出直线特征.

图 3(a) 为 1 幅模板花纹图像, 图 3(b) 为实际印花织物图像. 分别对它们进行 Hough 变换, 如图 4(a)、(b) 所示, 提取出图像中的边缘和直线特征, 如图 5(a)、(b) 所示, 为下一步检测作好准备.

#### 3.2 数码印花飞线检测

为检验算法的有效性, 利用本文提出的算法对前面得到的织物模型强度图像进行检测. 检测的结果如图 6 所示, 通过将测得结果与人工检测结果相比较发现, 本系统自动测量结果和人工测量结果相差不大,

表明了该方法的有效性.

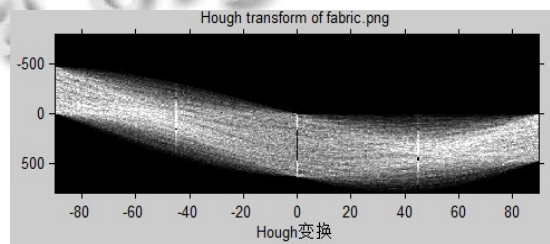


(a) 模板图像

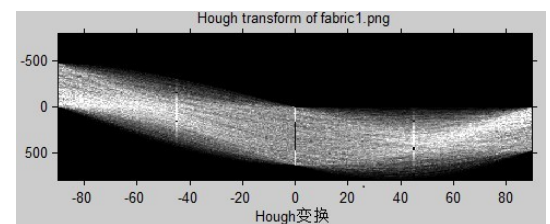


(b) 待测图像

图 3 数码印花织物图像

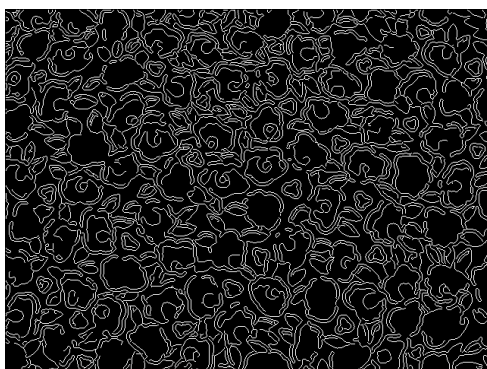


(a) 模板图像经过 Hough 变换后的结果

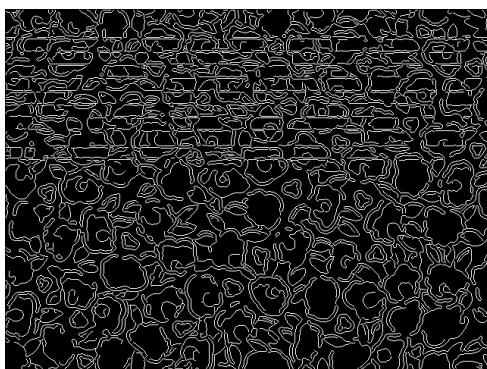


(b) 待测图像经过 Hough 变换后的结果

图 4 织物图像经 Hough 后的结果



(a)模板图像的强度图像



(b)待测图像的强度图像

图 5 对图像提取边缘和直线特征后的结果



图 6 检测结果

#### 4 结语

由于 Hough 变换是把直线上点的坐标转换到过点的直线的系数域, 结合共面直线相交的关系, 使直线的提取问题转换为计数问题, 利用 Hough 变换的这个性质并结合互相关系数的计算进行实验, 较好地完成了对数码印花飞线的检测. 但该方法还仅处在实验模拟阶段, 开发可工业化生产的数码印花织物表面常见疵点实时检测是下一步的研究方向.

#### 参考文献

- 1 周旭东, 李艳梅. 数码印花技术应用. 上海纺织科技, 2003, 31(3):39-41.
- 2 Gonzalez RC, Woods RE. Image Processing. 2nd ed., 阮秋琦, 阮宇智等译. 北京: 电子工业出版社, 2003. 476-477.
- 3 冯晓锋, 余金伟. Hough 变换在零件形位误差检测中的应用. 机械科学与技术, 2011, 30(6):957-959.
- 4 Tsai D, Lin C, Chen J. The evaluation of normalized cross correlations for defect detection. Pattern Recognition Letter, 2003(24):2525-2535.
- 5 潘如如, 高卫东, 钱欣欣, 张晓婷. 基于互相关的印花织物疵点检测. 纺织学报, 2010, 31(12):134-138.

(上接第 164 页)

- Adjacent Objects. IEEE Trans. Antennas Propagation, 1999, 47(4):510-516.
- 10 谭怀英. VHF/UHF 波段树干超宽带散射特性和建模方法研究. 长沙: 国防科技大学, 2001.
  - 11 黄纪军. FOPEN SAR 地面目标散射特性分析及检测研究. 长沙: 国防科技大学, 2005.
  - 12 Feng JY, Wu ZH. Generalized Perfectly Matched Layer An Extension of Berenger's Perfectly Matched Layer Boundary Condition. IEEE MG-WL, 1995, 5:451-453.
  - 13 Karam MA, Fung AK. Electromagnetic scattering from a layer of finite-length, randomly oriented dielectric circular over a rough interface with application to vegetation. Int. J. Remote Sensing, 1988, 9(6):1109-1134.