

# 基于轮廓跟踪的泡罩药品缺陷检测算法

谢丹毅, 吴敏

(中南大学 信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410008)

**摘要:** 检测泡罩包装中的药片是否存在形状缺陷, 需要提取药片图像边缘轮廓。“爬虫”法是基本的边缘跟踪方法。提出一种基于有记忆的变窗“爬虫”轮廓跟踪的缺陷判别方法, 利用封闭轮廓曲线的密集度指标, “爬虫”跟踪的陷阱和边缘分支, 设置“爬虫”中止变换的窗口大小, 可快速实现缺陷的预判, 从而有效地提高后续缺陷识别过程的工作效率。

**关键词:** 轮廓跟踪; 缺陷检测; 变窗“爬虫”

中图分类号: TB487

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2007)04-0005-04

## Algorithm of Inspection Defect of Rotundity Tablet in Blister Packaging Based on Contour Tracking

Xie Danyi, Wu Min

(College of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** Boundary contour of the tablet image should be extracted when the shape defect is detected for the rotundity tablets in blister packaging. The reptile is a basic method for boundary contour tracking. A method has been presented to distinguish tablet defect based on the reptile with memory and alterable window for image boundary tracking. Some parameters have been used to distinguish tablet defect beforehand, such as the pixel density of closed contour curve, the trap and embranchment tracked by reptile and the alterable window size to stop tracking. So the efficiency would be improved effectively for the defect recognition in the behind image processing.

**Key words:** contour tracking; defect detection; reptile of alterable window

### 0 前言

在泡罩包装的机器视觉检测任务中, 需要检验药片的几何形状, 以判别是否存在缺口、破裂等药片形状缺陷。对圆形药片而言, 直径、周长或面积等图像几何特征是常用的识别参数<sup>[1]</sup>。为满足识别精度的要求, 必须准确提取药片图像边缘轮廓; 同时, 为满足检测的实时性, 还要求尽可能快速完成缺陷的判别。

文献[1]提出, 在应用 sobel 算子对泡罩药片图像进行边缘分割的基础上, 进一步采用基于“爬虫”(bug)法的边界跟踪方法提取药片轮廓, 进而计算轮廓图形

的面积, 若面积值小于标准值, 即可判定此药片包含有“缺口”缺陷。但该算法存在如下问题: 一是不能识别药片裂纹缺陷(“爬虫”遇到分支会“迷路”); 二是有记忆力的“爬虫”虽避免了掉入缺陷“陷阱”, 可继续跟踪直至得到闭合连续的边缘轮廓曲线, 但遍历跟踪会加大计算开销, 影响算法的实时性。

文献[2]提出了一种基于变窗口思想的“爬虫”边界跟踪方法, 当“爬虫”遇到因噪声等引起的局部断点时, 采用加大跟踪窗口, 按“像素中心点到直线距离最近”的规则填充断点, 继续跟踪直至闭合。变窗

收稿日期: 2007-06-28

作者简介: 谢丹毅(1971-), 男, 湖南攸县人, 中南大学硕士研究生, 主要研究方向为计算机。

口思想综合了小窗口“爬虫”的快速性和大窗口“爬虫”的准确性,提高了“爬虫”的抗噪能力。但在实际使用时,“像素中心点”的确定和“最短距离”的计算都需要较大的计算量。

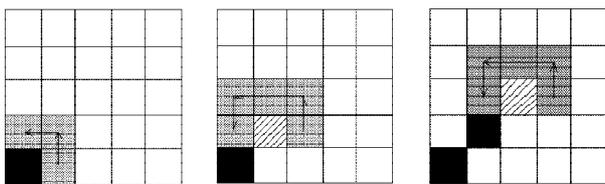
本文根据具体检测对象特定的几何特征,提出了一种简捷的变窗轮廓跟踪方法,该方法能在边界跟踪过程中同时进行缺陷识别,从而有效地提高泡罩药片缺陷识别速度。

## 1 变窗“爬虫”边界跟踪的基本思想

变窗“爬虫”轮廓跟踪方法是在传统“爬虫”算法的基础上建立起来的。为此,首先简要介绍传统“爬虫”算法的基本原理。

### 1.1 传统的“爬虫”边界跟踪算法

传统的“爬虫”算法先确定一起点 $s \in S$  ( $S$ 为图像边缘像素点的集合),从起点 $s$ 出发求下一点的8邻域区域( $3 \times 3$ 窗口)的边界点,跟踪搜索直到回到起点(如图1所示)。



■表示边界点; ▨表示当前点;

□表示待搜索点; →表示搜索路径和方向

图1 “爬虫”边界跟踪示意图

Fig. 1 The drawing of reptile contour tracking

其算法描述如下:

Step 1: 先对原始灰度图像进行分割,得到二值边缘图像 $f(x, y)$ ;

Step 2: 从左到右扫描图像,扫描线首次遇到图像边缘 $S$ 即停止扫描,取扫描线与轮廓边缘的最左端交点(第一个黑点)为“爬虫”跟踪的起点 $a$ ,记为 $s(k)=(x(k), y(k)), k=0$ ;

Step 3: 用 $c$ 表示当前边界上被跟踪的像素点。置 $c = s(k)$ ,记 $c$ 左4邻点为 $b, b \in \bar{S}$  ( $\bar{S}$ 为 $S$ 的补集);

Step 4: 按逆时针方向记从 $b$ 开始的 $c$ 的8个邻点分别为 $n_1, n_2, \dots, n_8, k=k+1$ ;

Step 5: 从 $b$ 点出发,以小窗口( $3 \times 3$ )“爬虫”沿顺时针方向对边界进行跟踪,找到第一个 $n_i \in S (i=1, 2, \dots, 8)$ ,置 $c = s(k) = n_i, b = n_{i-1}$ ;

Step 6: 重复 Step 4,直到 $s(k) = s(0)$ 。

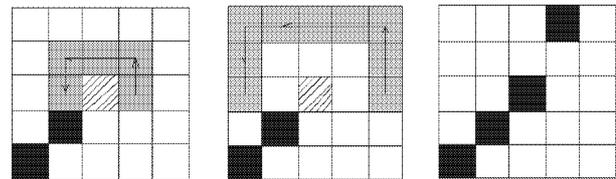
在上述算法中,若边界存在断点、“陷阱”和“岔路”,“爬虫”将停止跟踪。文献[2]提出了采用大窗口如( $5 \times 5$ )、( $7 \times 7$ ),以加大爬虫的邻近搜索范围,

并按一定规则填充断点,从而提高算法的抗噪能力,以达到获取严格封闭边界曲线的目的。

### 1.2 “爬虫”的变窗边界跟踪

“爬虫”变窗跟踪的基本思想是<sup>[3]</sup>,当“爬虫”遇到边界断点而小窗口搜索不到相邻连接点时,则将“爬虫”窗口不断放大来继续搜索连接点,直到找到连接点或者窗口达到不允许的规模,同时,将断裂的像素点根据一定规则填充,并记下边界点的位置,再将“爬虫”窗口变回到原来的规模,然后继续跟踪边界,直到 $s(k) = s(0)$ 。

“爬虫”的变窗搜索过程如下:在边界跟踪过程中,如果边界局部连续,小窗口“爬虫”(3×3)一定可以找到当前点(“爬虫”窗口中心点)的连接点。如果遇到边界断点,3×3的“爬虫”窗口对寻找相邻点便无能为力了,这时将“爬虫”窗口放大到5×5大小,在窗口最外层寻找边界点,如图2所示。



■表示边界点; ▨表示当前点;

□表示待搜索点; →表示搜索路径和方向

图2 变窗“爬虫”边界跟踪示意图

Fig. 2 The drawing of alterable window reptile contour tracking

如果找到连接点,便将窗口缩回到 $3 \times 3$ ,否则继续放大“爬虫”窗口到 $7 \times 7$ ,在窗口最外层搜索边界点。一般地,由噪声引起的断点(非自然断裂点)长度不会超过2个像素。因此,当窗口增大到 $7 \times 7$ 的规模时仍未找到边界点,则停止搜索,然后判断有无邻近的岔路口,若有则返回到“岔路口”并沿另一条曲线往前搜索边界点,若没有则结束搜索。如果用 $7 \times 7$ 窗口找到了相邻边界点,则将中间的断裂点用一定规则填充,再将“爬虫”窗口变回到最小的规模,即 $3 \times 3$ 大小,继续跟踪边界,如此循环,直到回到起点位置 $s(0)$ ,或者无法继续搜索为止。这里选择 $2n+1 (n=1, 2, 3)$ 规模的窗口是为了保证“爬虫”窗口关于中心像素对称。如果遇到陷阱和分支,“爬虫”通过记忆其所经过的像素点的坐标、岔路口坐标以及标记可行各路径,仍能继续进行跟踪,而不会迷路(如图3所示,图中数字箭头指示跟踪方向和路径)。

变窗跟踪算法的本意是为了获得封闭的边界曲线,但就药片缺陷检测任务而言,变窗后的后续处理显得多余。因为药片的缺陷表现在分割图像上,恰恰正是形如“间断”(破口)、“陷阱”(孔洞缺损)、“岔路”(开裂)等。

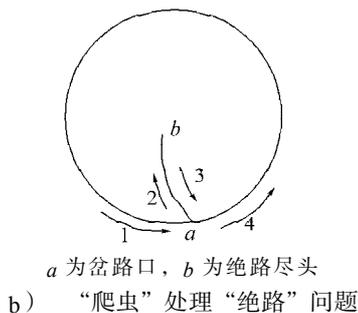
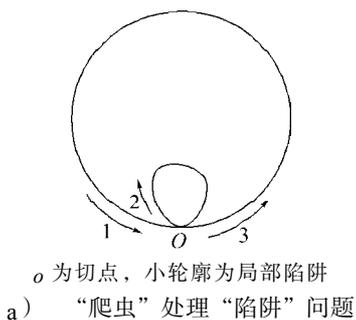


图3 “爬虫”根据记忆处理“陷阱”和“绝路”问题  
Fig. 3 The reptile treats with the problems such as trap and bay based on memory

## 2 基于变窗“爬虫”边界跟踪的药片缺陷快速识别

泡罩包装中, 圆形药片常见的缺陷形式为裂纹、破碎、异物等, 如图4所示。

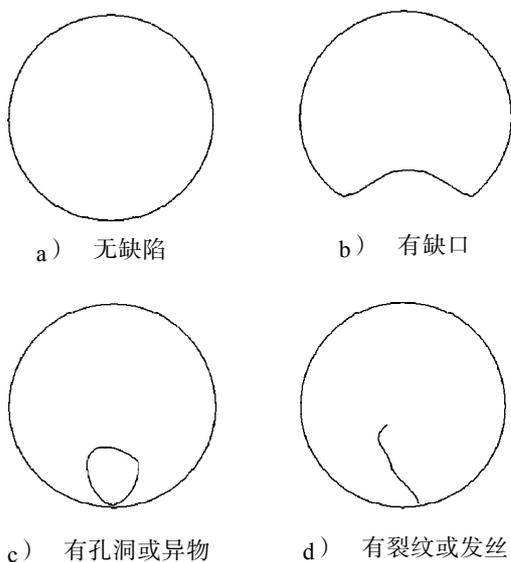


图4 药片缺陷形式  
Fig. 4 The forms of tablet defect

假设经滤波去噪和分割处理后, 图像仅包含药片边缘和缺陷边缘, 则可依据下列情形进行药片缺陷的预判。

**情形1** 就泡罩包装的药片缺陷检测而言, 正常情况下, 使用小窗口(3 × 3)“爬虫”可以获得形如图5a)、b)的封闭边界。

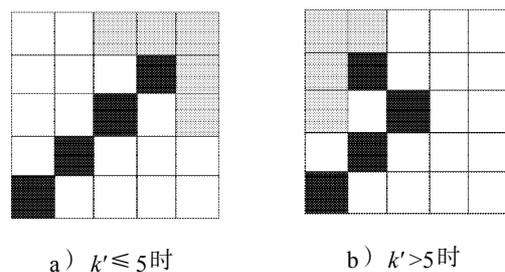


图5  $n=2$  时的填充方式  
Fig. 5 Filling mode when  $n=2$

设无缺陷药片的面积为  $A$ , 周长为  $P$ , 计算封闭边界区域像素密集度  $C$ , 则  $C = \frac{A}{P^2}$ 。

对于大小为  $m \times n$  的药片二值分割图像  $B(x, y)$ , 面积  $A'$  由  $A' = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} B[i, j]$  得出, 边界周长  $P'$  用“爬虫”跟踪的累计步长  $k$  近似, 即  $P' = k$ 。于是, 二值图像  $B(x, y)$  的密集度  $C'$  为

$$C' = \frac{A'}{P'^2} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} B[i, j]}{k^2}$$

设密集度允许偏差为  $\sigma$ , 若  $|C - C'| > \sigma$ , 则该药片可能存在缺陷, 标记为疑似缺陷。

**情形2** 若小窗口“爬虫”在跟踪过程遇“陷阱”和“岔路口”, 并根据记忆做出判断后, 则“爬虫”停止跟踪, 该药片存在疑似缺陷。

**情形3** 若小窗口“爬虫”在跟踪过程到断点, 则放大窗口进行跟踪。

1) 当  $n=2$ , 即窗口规模为  $5 \times 5$  时, 如果爬虫搜索到连接点, 则根据搜索步长  $k'$ , 按照下列规则填充像素点(如图5所示): 若  $k' \leq 5$ , 则在当前点的右上方填充一个像素点; 若  $k' > 5$ , 则在当前点的左上方填充一个像素点, 可以保证与连接点相连。然后, 爬虫变回  $3 \times 3$  并且移至连接点继续搜索; 否则, 继续放大窗口搜索连接点。

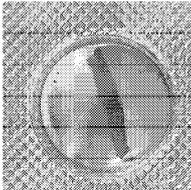
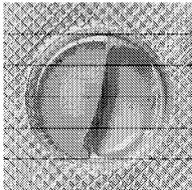
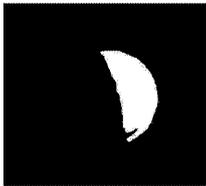
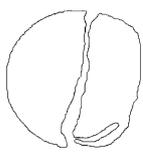
2) 当  $3 \leq n \leq 5$  时, 即窗口规模大于  $7 \times 7$  时, 若爬虫搜索到连接点, 则可根据两连接点的坐标填充像素点(按照文献[2]提出的“像素中心点到直线距离最近”填充规则填充像素点)。

3) 若当  $n=5$  时, 仍未找到连接点, 说明中断距离较长, 该药片可能存在缺陷, 则对该图像作疑似缺陷标记, 并停止搜索。

作为示例, 表1列举了在泡罩包装机器视觉检测系统中<sup>[1]</sup>, 对药片的残缺和破裂2种缺陷应用“爬虫”进行边缘轮廓跟踪的检测结果, 其中图像分割采用的

是Otsu 阈值分割法<sup>[4,5]</sup>。

**表 1 泡罩包装药片缺陷轮廓跟踪算例**  
**Table 1 Examples of tablet defect contour tracking in the blister packaging**

图形阶段	缺陷种类	
	残缺	破裂
原图		
分割结果		
跟踪结果		

### 3 结论

传统的“爬虫”轮廓跟踪法对噪声十分敏感，影响了其实用性。“爬虫”的变窗思想提高了算法的鲁棒性。本文进一步结合具体检测对象——泡罩包装圆形药片特定的几何特征，将变窗“爬虫”应用于药片缺陷检测过程，可实现在轮廓跟踪过程中同时进行缺陷的识别或预判，从而减少了后续缺陷识别过程的检测量，有效地提高了系统的泡罩药片缺陷识别速度。

#### 参考文献：

- [1] 蔡叶菁, 彭涛, 何静, 等. 机器视觉在包装检测过程中的应用研究[J]. 包装工程, 2003, 24(2): 45-48.
- [2] 王珏, 卢艳平, 张泽宏, 等. 一种有记忆的变窗“爬虫”图像边界跟踪方法[J]. 仪器仪表学报, 2004, 25(4): 483-485.
- [3] 章毓晋. 图象分割[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 34-36.
- [4] Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms[J]. IEEE Transactions on System Man and Cybernetic, 1979, 9(1): 62-66.
- [5] 刘健庄, 粟文青. 灰度图像的二维Otsu自动阈值分割法[J]. 自动化学报, 1993, 19(1): 101-105.

## “湖南省产品包装创新工业设计中心”正式落户湖南工业大学

[校园新闻讯] 7月20日上午，在湖南省科技厅举行了湖南省工业设计创新平台启动仪式。湖南省委书记张春贤、省委副书记梅克保出席启动仪式并作了重要讲话。出席仪式的还有省经委、教育厅、财政厅、科技厅负责人，省工业设计创新平台建设领导小组成员，省工业设计专家委员会的专家，有关高校负责人，首批6家工业设计中心负责人及有关企业的代表。我校组建的“湖南省产品包装创新工业设计中心”成为这次授牌的首批6个省工业设计中心之一，校长王汉青教授、副校长罗定提教授等应邀出席启动仪式。

启动仪式上，张春贤书记为14位湖南省工业设计专家委员会的专家颁发了聘书，为首批6个湖南省工业设计中心授牌。我校校长王汉青教授被聘为湖南省工业设计专家委员会专家成员，张春贤书记亲自给王汉青校长颁发聘书并合影留念。

我校“湖南省产品包装创新工业设计中心”依托学校包装相关学科，利用材料学、计算机科学、工业设计学、设计艺术学等学科优势，确定包装整体一体化实施方案（产品设计、运输包装、计算机仿真、装潢设计），开发产品包装的新形式，树立陶瓷、烟花、农产品等产品包装品牌。