

# 水果检测中的边界追踪法

邓继忠, 张泰岭

(华南农业大学工程技术学院, 广东 广州 510642)

**摘要:** 应用计算机视觉进行水果检测时, 采用边界追踪技术能有效分割背景与样品. 文章根据梨、苹果等水果的外形特征, 提出了一种改进的边界追踪方法. 该方法的操作图像可以是二值图像或灰度图像, 图像中的样品被分割成 4 个区域, 为加快处理速度, 根据水果外形来确定每个区域边界追踪方向的优先权. 对苹果、梨、芒果等水果图像进行了测试, 结果表明, 该方法追踪一幅大小为  $150 \times 150$  像素的水果图像, 所需时间不足 1 s.

**关键词:** 计算机视觉; 图像分割; 水果检测; 边界追踪

**中图分类号:** S126; TP391.41

**文献标识码:** A

计算机视觉技术应用于水果品质检测, 需要进行以下几个步骤: 图像采集、图像预处理、图像分割及图像识别. 其中, 图像分割是最为关键的一步, 是正确识别图像的基础. 对图像分割要求: 能将检测对象(水果)从背景图像中分离出来; 能从检测对象中提取所需的某些特征信息. 图像分割的一般方法是二值化或多值化, 即将图像中不同特征区域赋予不同的灰度值, 且各区域灰度值应具有一致性. 但是, 图像在摄取时常存在光照不均匀、水果色度不均匀的现象, 由此造成分割图像中不同的特征区域出现了相同的灰度值. 这种区域不一致性在图像识别前必须消除, 否则会影响检测精度, 甚至引起误检测. 但是光照不均匀不易彻底消除, 色度不均匀则是客观存在的现象. 进行二值化和多值化处理时, 对上述现象无法区分. 为此, 笔者在进行水果品质检测研究时, 对图像处理的诸多方法进行了多种组合, 反复试验, 确认只有运用边界追踪的方法, 界定背景与样品, 即确定水果的边界轮廓坐标, 完全分割水果与背景, 才能在后续处理中解决检测精度问题. 关于边界追踪的算法, 一些文献有所介绍, 如“虫随法”、“R-2-3-4 算法”等, 但这些方法有些只适用于四连通边界, 有些过于复杂, 计算量大, 追踪易于“迷路”, 并不实用<sup>[1]</sup>, 文献<sup>[2]</sup>根据苹果图像特点, 将图像分区域搜索, 用最小二乘法来估计边界追踪方向, 本文采纳其中的部分思想, 并考虑水果外形常具有外凸的特点及对检测的实时性要求, 提出以二值图像或经滤波后的灰度图像为操作图像, 在不同的区域, 根据水果的外形, 不进行搜索方向的估计计算, 而是对追踪方向赋予不同的优先权, 以加快处理速度.

## 1 二值图像的边界追踪

### 1.1 区域划分

二值图像只有两种灰度值, 通常背景为 0, 样品区域为 1. 边界追踪采用的二值图像应较好地保留样品的边界轮廓. 区域分解如图 1 所示, 首先寻找 4 个边界点  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 、 $P_4$ ,  $P_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) 为从背景到样品区域进行行、列扫描, 所找到的第一个灰度值为 1 的像素点.  $P_i$  将样品分为 4 个区域 I、II、III、IV.

### 1.2 区域边界追踪

4 个区域共 8 个追踪方向, 如图 2 所示. 追踪策略规定如下:

(1) 边界点的像素值为 1; (2) 以  $P_1$  点作为追踪起始点; (3) 分 4 个区域, 逆时针进行追踪, 各区域实际追踪方向均为 7 个; (4) 各区域追踪起始点为上一个区域追踪的结束点, 本区域搜索结束点为边界点  $P_i$ ; (5) 各区域沿切线追踪, 即沿着边界像素走, 选择区域最右边的像素作为边界像素; (6) 抗干扰措施. 水果的外形轮廓边界是连续的, 追踪形成的边界也应该是连续、闭合的, 但是由于光照、水果色度的不

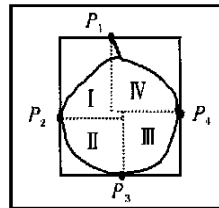


图 1 区域划分

Fig. 1 Region division

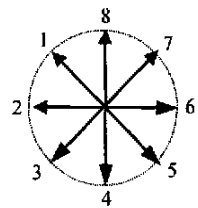


图 2 8 个追踪方向

Fig. 2 8 tracking directions

均匀性, 以及二值化阈值选择等问题, 会在边界上形成局部失落点, 追踪时会造成边界间断及误追踪等现象, 弥补方法是扩大搜索范围, 对失落点的邻域进行判定, 使追踪具有智能功能.

1.3 追踪方向的优先权

各区域的追踪方向及优先权如图 3 所示, 以区域 I 为例说明如下:

(1) 按优先权顺序搜索①、②、③, 搜索成功即结束, 下一轮搜索的出发点为本轮新得之边界点, 搜索优先权仍同图 3 所示;

(2) 若①~③均不是边界点, 说明附近有边界失落点. 首先搜索④, 若④为 1, 则确认①为本轮边界点, 本轮搜索结束; 若④为 0, 则搜索⑤, 若⑤为边界点, 则确认③为本轮边界点, 搜索结束;

(3) 若①~⑤均为 0, 则依次搜索⑥~⑨, 当搜索点为 1, 则该点为边界点, 本轮搜索结束;

(4) 若①~⑨均不是边界点, 则以②为边界点, 本轮搜索结束, 转入下一轮搜索.

通过④、⑤两次搜索, 可弥补失落点, 形成闭合边界. 区域II~IV搜索方式同区域I, 不再赘述.

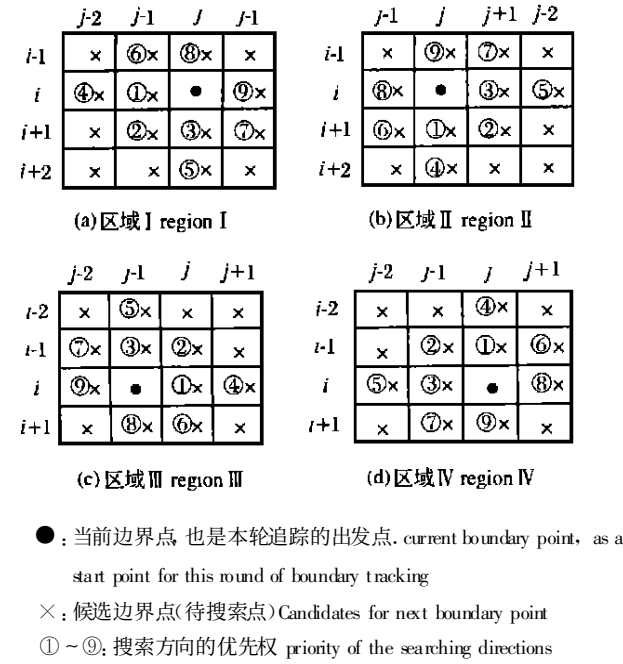


图 3 4 个区域的搜索方向及优先权

Fig. 3 Searching directions and priority of the 4 regions

2 灰度图像的边界追踪

该方法的操作图像不是二值图像, 是经预处理(如滤波)后的灰度图像, 其追踪策略等同于二值图像的边界追踪, 区别在于边界点的判定条件, 后者以灰度值 1 为判定依据, 灰度图像边界追踪则以十字模板的行、列差值作为依据, 如图 4 所示. 十字模板的尺寸选

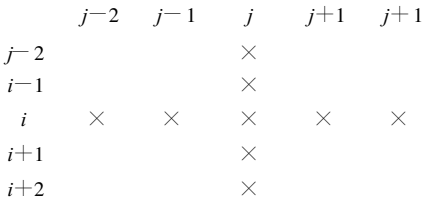


图 4 十字模板

Fig. 4 Ten-mask

为  $5 \times 5$  像素. 本方法判定边界点的条件如下:

(1) 
$$\left| \frac{1}{2} \sum_{\Delta y=1}^2 [f(i, j \pm \Delta y) - f(i, j \mp \Delta y)] \right| \geq D_1$$

或 
$$\left| \frac{1}{2} \sum_{\Delta x=1}^2 [f(i \pm \Delta x, j) - f(i \mp \Delta x, j)] \right| \geq D_1.$$

(2) 
$$\left| f(i, j) - \frac{1}{2} \sum_{\Delta y=1}^2 [f(i, j \pm \Delta y)] \right| \geq D_2$$

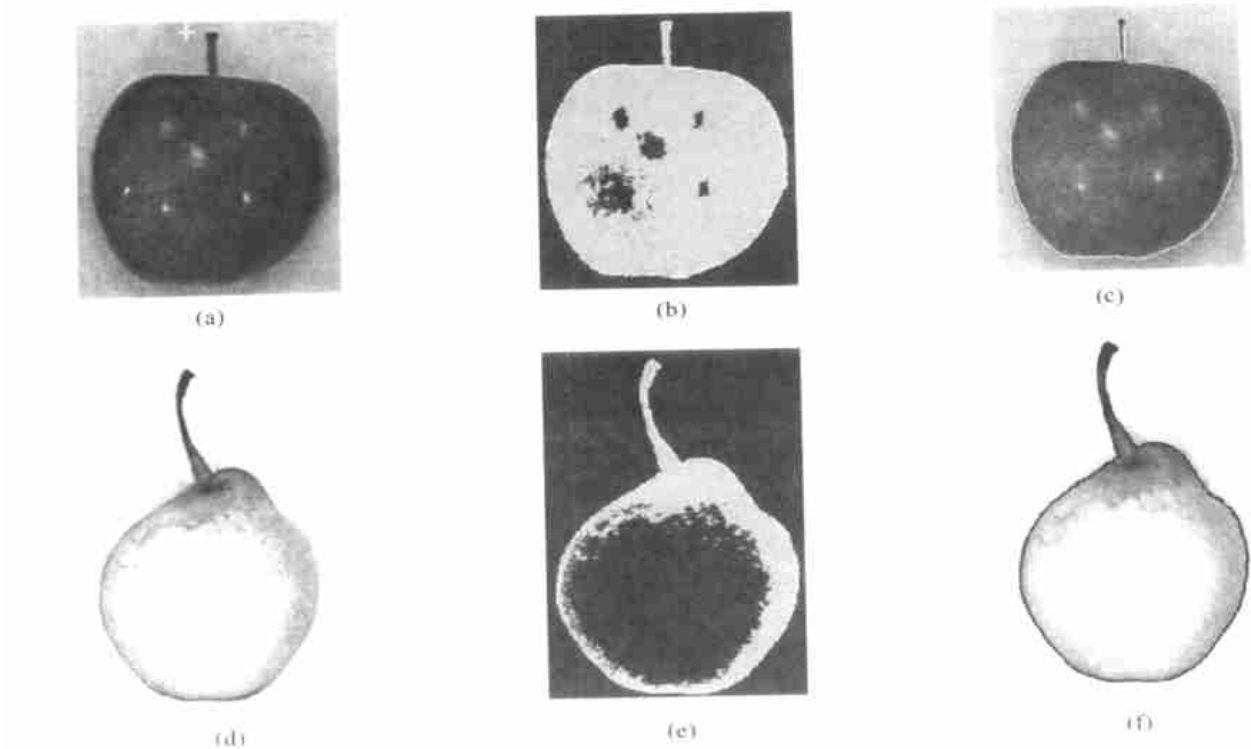
或 
$$\left| f(i, j) - \frac{1}{2} \sum_{\Delta x=1}^2 [f(i \pm \Delta x, j)] \right| \geq D_2.$$

(3) 单调性, 对于  $f(i, j \pm \Delta y), f(i, j), f(i, j \mp \Delta y)$  沿向心方向具有单调递增或递减性, 或者对于  $f(i \pm \Delta x, j), f(i, j), f(i \mp \Delta x, j)$  沿向心方向具有单调递增或递减性, 视具体区域而定.

这种追踪方法的优点是: 因光照不均匀可能造成样品灰度值与背景灰度值均过于分散, 两者的灰度值集合有交集, 因此难于用一个统一尺度进行二值化分割. 而十字追踪进行的是局部分析, 仅关心局部灰度差值, 因此即使光照不均匀, 但在局部位置, 背景与样品的相交处灰度仍有一定的突变, 只要有突变, 该算法就确认是边界, 因而解决了这一问题.

3 结语

依照上述方法, 采用 C 语言编程, 对苹果、梨、芒果、柑橘等水果图像进行了上百次的二值图像边界追踪与灰度图像边界追踪试验, 均能获得水果完整的外部轮廓, 追踪结果见图 5. 由于在上述两种方法中并不需要计算追踪方向, 而是在不同区域确定不同的优先方向, 通常只需检测 1 ~ 3 个点即可, 使得追踪速度加快, 两种图像的追踪速度相差不大, 追踪一幅大小为  $150 \times 150$  像素的水果图像所需时间均不足 1 s, 可以满足实时检测的要求. 实践表明采用边界追踪技术, 利用边界轮廓曲线分割背景与水果, 再结合其他的图像处理方法, 如多值分割、图像合成、区域消除等技术, 可有效分割图像. 二值图像追踪法的关键是被操作图像要较好保留样品的边界轮廓, 这就要求二值分割时应选择合适的阈值. 灰度图像追踪法的关键是边界判定条件的确定与灰度值  $D_1$ 、 $D_2$  的选择, 边界条件确定后, 该方法抗干扰性好, 而且可以简化后续的处理工作, 试验中选择灰度值  $D_1 = D_2 = 35$ .



(a) 苹果原始图像(initial image of an apple); (b) 苹果二值图像边界追踪(boundary tracking based on binary image of an apple); (c) 苹果灰度图像边界追踪(boundary tracking based on gray image of an apple); (d) 梨原始图像(initial image of a pear); (e) 梨二值图像边界追踪(boundary tracking based on binary image of a pear); (f) 梨灰度图像边界追踪(boundary tracking based on gray image of a pear)

图 5 边界追踪图像

Fig. 5 Images of boundary tracking

参考文献

[ 1 ] 田 涛, 胡仲翔. 一种用于图形形状识别的轮廓跟踪技

术[ J ]. 信息与控制, 1988 ( 3 ): 44— 46.

[ 2 ] 刘 禾, 汪懋华. 苹果自动分级中的图像分割[ J ]. 中国

农业大学学报, 1996 1(6): 89—93.

A New Method of Boundary Tracking in Fruit Detection

DENG Ji-zhong, ZHANG Tai-ling

(College of Polytechnic, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** When computer vision was applied to fruit detection, the background and sample of an image could be effectively segmented with the aid of boundary tracking technique. According to the appearance of some fruit, such as pear and apple, a modified boundary tracking method was proposed. In this method, a sample in an operation image that could be binary image or gray image was partitioned into 4 regions. To accelerate the boundary tracking, the priority of boundary tracking directions in each region was given by the appearance of the sample. Lastly, tests of boundary tracking using images of apples, pears, mango etc. were done. The results confirmed that the time of processing a 150-by-150 image of a pear was less than 1 s.

**Key words:** computer vision; image segment; fruit detection; boundary tracking

【责任编辑 柴 焰】