

计算机视觉系统中图像外边缘检测的新方法

冯 斌 汪懋华

(中国农业大学电气信息学院)

摘 要 提出了图像外边缘检测的 2 种新方法: 邻域灰度检测算法和模板检测算法。利用新方法对水果图像进行了检测, 结果表明, 2 种方法检测边缘能力都很强, 检测出的边缘清晰、连续, 边缘图像点有序, 无须进一步细化处理。该方法处理图像面积小于传统方法的 1/2, 检测速度快, 适合计算机视觉进行实时检测。

关键词 边缘检测; 计算机视觉; 模糊图像

中图分类号 TP 391. 41

Study on Outer-edge Detection of Image in Computer Vision

Feng Bin, Wang Maohua

(College of Electricity and Information, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract Two new methods were presented to process image edge, both detection measurement of gray on border upon area and detection measurement of template. When the fruit image was detected using these two new methods, the edge detection was very well. The image edge obtained by these methods is very clear, successive and regular. The farther processing was not needed. The image area detected in these methods was half of that in traditional method. So the speed was very fast in the processing.

Key words edge detection; computer vision; indefinite image

计算机视觉及图像处理系统中, 许多问题的解决都是从边缘检测开始的^[1], 因此边缘检测方法的研究对图像的预处理具有重要意义。实时检测中对图像处理的速度要求很高, 而传统的经典算法(梯度法, Laplacian, Sobel, Robert, Prewitt)都是对整幅图像的处理^[2], 不仅要检出图像目标的外边缘, 而且要检出图像目标内部结构特征。而在许多情况下人们最感兴趣的往往仅仅是外边缘, 对内部结构特征的检测一般很少使用。

用计算机视觉实时检测水果时, 需要进行 4 个方面的检测, 包括大小、形状、颜色以及缺陷检测, 各种检测都需要得到目标的外边缘, 传统方法无一能够满足要求, 特别是在目标物体运动的情况下, 检出能力很低, 无法使用。针对这一问题笔者研究了 2 种算法。

1 图像捕获

试验系统包括联想奔月 2800 计算机 1 台; 摄像头为德国产 CCV-931 彩色 CCD 摄像机, 其水平分辨率为 576 线; 图像卡为加拿大 MATROX Meteor-II 型, 具有外触发功能, 可以动

收稿日期: 2001-11-08

博士点学科专项基金项目

冯 斌, 北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)213 信箱, 100083

态的捕获目标图像; 电机传动输送带上料, 输送带为琴键式结构; 矩形果盘为 120mm × 250 mm, 为增强图像反差, 果盘上面以黑布垫衬。

2 边缘检测

实时检测过程中目标物体一直处于运动状态, 受 CCD 摄像头感光速度所限, 捕获的运动图像必然产生模糊和拖尾(图 1)。设 CCD 感光时间为 t , 在 t 时段内物体运动距离为 a 个像素点, 对应到捕获的一个图像点则包括物体表面 a 个点的信息, 且每个点的感光时间为 t/a , 相当于 a 幅图像的叠加。叠加的结果使图像产生模糊, 并使原来目标物体与背景间的灰度变化梯度变小, 失去了物体鲜明的边缘特征。因此传统的边缘检测方法很难检测到物体的边缘。

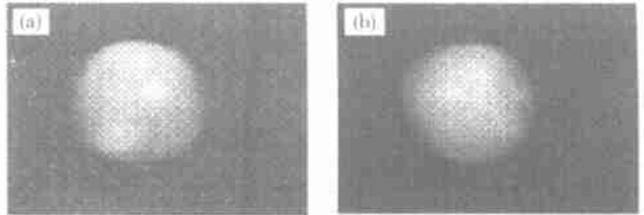


图 1 苹果模糊图像

2.1 邻域灰度检测算法

由于试验中图像的背景为同一种材料(黑布), 所以对来自摄像头方向的平行光源其反射系数基本上相等, 设为 ρ , 同时设背景表面与镜头平面平行, 以镜头中心为坐标原点 O , 光轴 z 垂直镜头平面且过镜头中心, x 轴过镜头中心与运动方向平行, y 轴垂直 xOz 坐标平面。背景沿 z 轴方向关于 x, y 的高度变化梯度设为 p 和 q , 入射光强度设为 $I(x, y)$, 根据表面反射特性得到照度方程^[3]

$$E(x, y) = \rho I(x, y) \frac{1}{\sqrt{p^2 + q^2 + 1}} \tag{1}$$

其中 $E(x, y)$ 为图像灰度。由于背景表面光滑, 所以在 x 和 y 方向上的高度变化微小, p, q 近似为 0, 且平行光源在 xOy 平面上各点的强度均等, 设为 I_0 。由式(1)可知, $E(x, y)$ 在背景图像平面上为

$$E(x, y) = \rho I_0 \tag{2}$$

所以整个背景平面在理想状态下其图像灰度 $E(x, y)$ 为常数。

式(1)对于目标物体同样成立, 受 x 和 y 方向上高度变化的影响, $E(x, y)$ 也在变化。对目标物体上一点 (x, y) 取最小邻域, 结果见图 2。

$(x-1, y-1)$	$(x-1, y)$	$(x-1, y+1)$
$(x, y-1)$	(x, y)	$(x, y+1)$
$(x+1, y-1)$	$(x+1, y)$	$(x+1, y+1)$

图 2 点 (x, y) 的最小邻域

x, y 的增量均为一个像素, 由于物体表面的连续性, 在 z 方向上高度变化率很小, 在邻域内 p 和 q 的变化也很小, 其值与 (x, y) 点的 p, q 近似相等, 所以在小邻域内灰度的变化也很小。

在物体外边缘处, 由于背景和目标物体的差别, 不仅表面反射系数不同, 背景弱, 目标强, 而且在 z 方向上存在最大的高度变化率, 因此边缘上小邻域内灰度变异最大, 设变异参数为 c , 则 c 可表示为

$$c = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 (E(x, y) - E(x-i, y-j))^2 \quad (3)$$

水果为球状体, 在平面上的投影近似为圆形, 从圆心沿半径方向搜索, 在最小与最大搜索半径内, c 值最大的点即为边缘点。

在试验条件下, 目标物体灰度水平大于 80, 取该值为阈值 th_0 , 同时取图像上 10×10 的网格点进行判别, 灰度大于 th_0 的点为目标物体表面点, 得到点序列 (x_i, y_i) , $i = 1, \dots, n$, n 为所取的点数; 圆心点可近似估计为

$$\left. \begin{aligned} c_x &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\ c_y &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

实际操作时, 首先估算圆心点, 且给出最大和最小搜索半径, 沿圆周方向, 等角度处理部分图像即可, 处理图像点仅为传统方法的 $1/2 \sim 1/4$, 速度很快。同时由于边缘为极值点, 任一方向上仅有一点而无须进一步细化处理, 搜索过程的有序化使边缘点已经序列化。由邻域灰度检测算法得到的检测结果与其他传统算法检测结果的对比见图 3。可以看出, 图 3(a) 效果最好, 而图 3(b), (c), (d) 效果均比较差, 边缘粗、不连续, 无法使用。

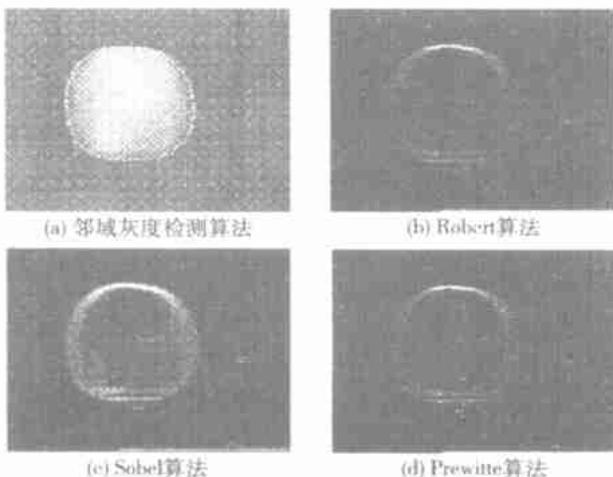


图 3 邻域灰度检测算法与传统算法检测结果的对比

2.2 模板检测算法

由上述分析可知, 由于目标物体的运动使得捕获的图像边缘模糊不清, 但对目标物体而言, 其整体的灰度水平并没有降低, 目标物体和背景间仍存在很大的灰度差异,

利用这一特性, 笔者研究提出了第 2 种算法——模板检测算法。模板见图 4, 其中“O”为一类邻域像素, “X”为检测像素, 空格为另一类邻域像素。

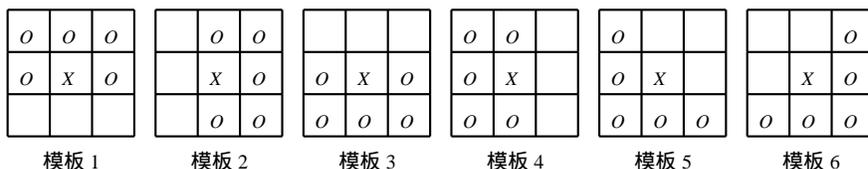


图 4 边缘检测模板

设目标物体灰度水平大于等于 th , 当前检测像素位于 6 个模板中任一个的 X 位置, 如果 X 的灰度大于等于 th , 且其所有“O”邻域灰度都大于等于 th , 所有空格邻域灰度都小于 th , 则 X 为边缘点。

该阈值 th 对边缘有直接影响,需用直方图法或统计法确定。

实际检测中,为减小处理图像的面积,仍可沿半径方向从外向内或从内向外搜索。以从外向内搜索为例,算法步骤如下。

- 1) 估计目标形心位置 (c_x, c_y) ,一般在定位目标时已计算;
 - 2) 计算阈值 th ;
 - 3) 计算搜索方向;
 - 4) 如果当前 $X > th$,则判断所有“O”邻域、空格邻域,满足图 4 中任一种,计为边缘点,执行第 5 步,否则继续下一点;
 - 5) 如完成所有方向搜索,执行第 6 步,否则执行第 3 步;
 - 6) 结束。
- 用该方法得到的检测结果见图 5。

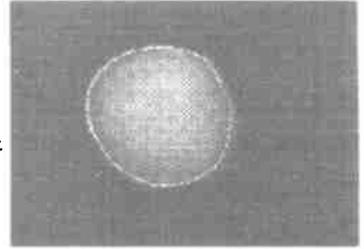


图 5 模板检测算法得到的检测结果

3 结 论

提出的 2 种外边缘检测算法对于模糊图像的处理能力很强,不仅处理速度快,处理图像面积小,而且处理后的图像边缘清澈、完整,不需要细化、序列化等进一步处理。

多次试验结果表明,对于检测水果而言,2 种方法都能满足要求,但是第 2 种方法产生错误边缘点的机率更小,更适合对具有不规则边缘物体的检出,应用面广泛。从计算量上看,第 2 种方法优于第 1 种方法,第 1 种方法需处理到目标物体内部,而第 2 种方法只需处理到目标物体边缘。

参 考 文 献

- 1 Castianan K R. 数字图像处理 朱志刚 译 北京: 电子工业出版社, 1998 387~ 406
- 2 舒昌献 基于软化形态学的边缘检测 中国图像图形学报, 1992(2): 139~ 142
- 3 章毓晋 图像理解与计算机视觉 北京: 清华大学出版社, 2000 108~ 136