

# 图象中目标的快速搜索算法

侯格贤 唐明 马颂德

(中科院自动化研究所模式识别国家重点实验室, 北京 100080)

**摘要** 随着系统技术的发展,对目标识别跟踪系统的要求正朝着智能化方向发展,即要求系统具有对目标的自动捕获、自动识别和自动跟踪的能力。为此,在利用目标与背景之间的灰度分布特性的基础上,提出了一种在一定的范围内能自动搜索并锁定目标的目标搜索算法。该算法假定搜索过程是在一个较大的区域开始进行的,而目标仅是该区域内一个在灰度上与背景有差别的小区域。由于这个假定是符合实际情况的,因此该搜索算法可以看作是一个简单的主动边界方法,它首先由一个收缩算法逐步缩小搜索区域,再结合图象的梯度信息来搜索目标,最后锁定目标轮廓。该算法在搜索过程中只对少数的控制点进行计算,而且对控制点的初始位置无严格限制,因而可以在含有目标的区域快速完成搜索过程,实验结果表明,该算法对不同大小、不同形状的目标都可以取得很好的搜索结果。

**关键词** 目标搜索 控制点 梯度

**中图法分类号:** TP391.41 TP182 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2001)08-0760-05

## A Fast Search Method for Target in Image

HOU Ge-xian, TANG Ming, MA Song-de

(NLPR, Institute of Automation Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

**Abstract** With the development of the target identification and tracking system, it is very necessary to realize the automatic capture, identification and tracking of the target. In this paper, a target-searching algorithm is proposed. The algorithm takes the advantage of the gray level distributions and it automatically searches for the target inside a given region. We suggest that the searching begins at a given region, which contains the target and there are gray-level differences between the target and the surrounding backgrounds. Such suggestion is valid and the algorithm can be regarded as an active-boundary method. At first, it reduces the searching area gradually and it locates the target with the gray-level gradient information of the image, at last the boundary of the target is located. During the searching process, only few control points are computed and the initial positions of the control points are not limited strictly. Therefore it can search quickly. The experiment results are satisfactory for the targets with different size and shapes.

**Keywords** Target search, Control point, Gradient

## 0 引言

目标搜索或捕获是目标识别跟踪系统不可缺少的一步,也是关键的一步。目标搜索算法必须保证能捕获到感兴趣的目标。目前大部分的跟踪系统都采

用预先给定模板,通过模板匹配锁定目标,或者采用人工锁定目标。随着系统技术的发展,对目标识别跟踪系统的要求正朝着智能化方向发展,其要求系统具有对目标进行自动捕获、自动识别和自动跟踪的能力。

主动边界方法<sup>[1]</sup>自1988年提出以来,已被广泛

基金项目:国家973计划项目(G1998030500)

收稿日期:2000-06-26; 成回日期:2000-09-27

应用于目标轮廓检测及目标跟踪系统中, 其工作过程是利用能量最小化原理, 使得在获取目标轮廓时, 所定义的能量函数值达到最小. 一般, 能量函数的表达式为

$$E = \int_0^1 E_{int}(v(s)) + E_{image}(v(s)) + E_{con}(v(s)) ds \quad (1)$$

其中,  $E_{int}$  表示由于曲线弯曲而生成的内在能量,  $E_{image}$  表示由图象本身所产生的能量,  $E_{con}$  表示外部的约束条件. 各部分能量可由以下公式计算

$$E_{int} = (\alpha(s)|v'(s)|^2 + \beta(s)|v''(s)|^2)/2 \quad (2)$$

$$E_{image} = \omega_{line}E_{line} + \omega_{edge}E_{edge} + \omega_{term}E_{term} \quad (3)$$

式(2)中,  $v'(s)$  及  $v''(s)$  分别表示主动边界上的点  $v(s)$  的一阶和二阶导数,  $\alpha$  和  $\beta$  为权系数. 式(3)中各项分别代表了图象本身不同的特征量及权分数. 如果适当地定义以上各量, 使得式(1)为最小时, 所有  $v(s)$  点集即构成目标的边界. 虽然这种算法在许多情况下取得了很好的效果<sup>[2,3]</sup>, 但从以上式子也可

以看出, 该过程的计算量是很大的, 因而在一些要求实时运行的系统中, 快速有效的算法更实用.

基于以上考虑, 本文提出了一种目标搜索算法, 利用目标与背景之间的灰度分布特性, 在一定的范围内自动搜索, 并锁定目标. 该算法假定搜索过程是在一个较大的区域开始进行的, 而目标是在该区域内的一个在灰度上与背景有差别的小区域. 由于这个假定是符合实际情况的, 因此该搜索算法可以看作是一个简单的主动边界方法. 它首先用一个收缩算法来逐步缩小搜索区域, 再结合图象的梯度信息搜索目标, 最后锁定目标轮廓.

### 1 收缩算法

搜索过程一般是从一个预先限定的区域或整个图象区域开始的, 但为了减少计算量, 搜索时不必也不需要每个象素点都进行相应的计算, 而是仅在

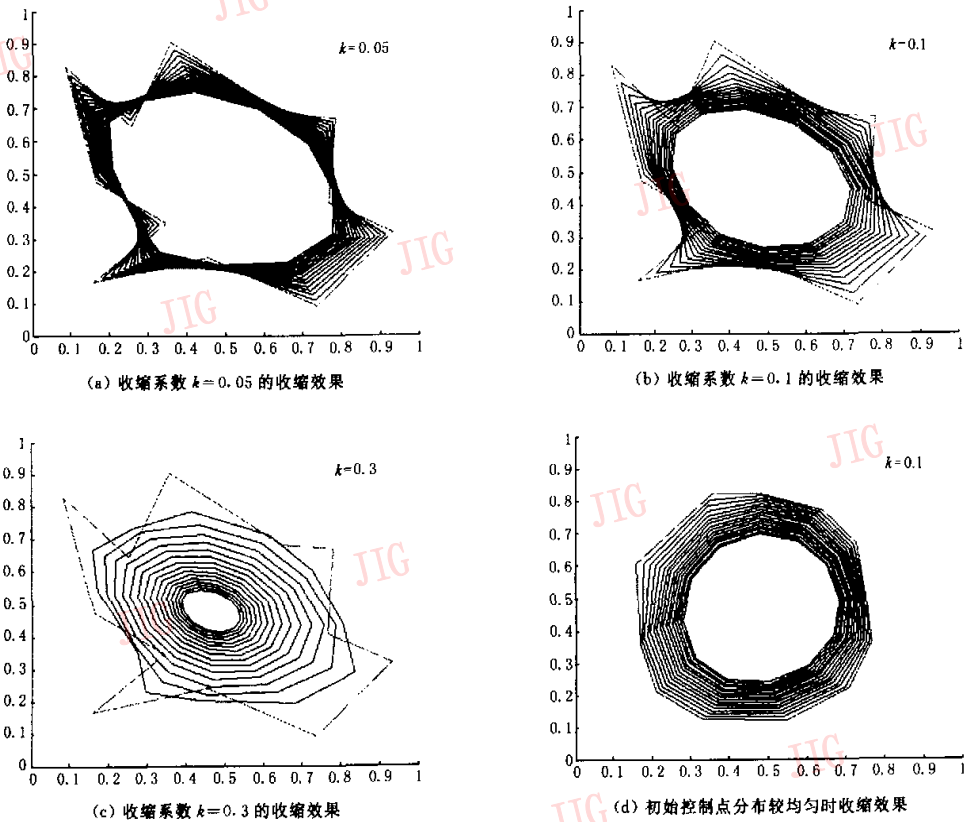


图 1 不同收缩系数及初始控制点对收缩过程的影响

区域边界上选择一定数目的点作为控制点,然后计算并检查这些控制点,使其逐步向里收缩,最终到达目标的边界处.收缩过程的停止依赖于图象中目标的边界梯度信息,但收缩算法本身却不受图象信息的影响,它只取决于控制点之间的相对位置.控制点之间的位置差异相当于一个影响各个控制点的力,不论初始控制点的选择如何,该作用力将使各点趋于均匀分布,并使各点之间的距离和逐步减小.

该力可分解为  $x$  方向和  $y$  方向两个分力,其定义为

$$\begin{aligned} F_{x,i} &= k \times ((x_{i-1} - x_i) + (x_{i+1} - x_i)) \\ &= k \times (x_{i-1} - 2x_i + x_{i+1}) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} F_{y,i} &= k \times ((y_{i-1} - y_i) + (y_{i+1} - y_i)) \\ &= k \times (y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1}), i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (5)$$

其中,  $n$  是控制点个数,其可以根据目标形状的复杂程度进行选择;  $(x_i, y_i)$  是第  $i$  个控制点的位置坐标;  $k$  是收缩系数,它的取值大小控制着收缩过程的快慢.在该力的作用下,各控制点的变化可用下式表示

$$x_i(m+1) = x_i(m) + F_{x,i}(m) \quad (6)$$

$$y_i(m+1) = y_i(m) + F_{y,i}(m) \quad (7)$$

$i = 1, 2, \dots, n$  ( $m$  为收缩运算次数)

图1显示了不同的收缩系数及初始控制点对收缩过程的影响,图中最外侧的连线是初始控制点连线,其余分别为15次收缩运算的结果.

图1(a)、(b)、(c)显示了在相同初始控制点时,不同的控制系数对收缩过程的影响情况,图1(d)为初始控制点分布比较均匀时的收缩效果.

从图1(b)、(d)可以看出,不同的初始控制点对收缩过程及收缩结果的影响不是很大,因此对初始控制点的选择就可放松要求,即可以由人工随意选定,也可在一定范围内由机器自动生成,在某些情况下还可直接在图象的边界上随机选取或自动等间隔生成.

图1的(a)、(b)、(c)反映了不同收缩系数对收缩过程及收缩结果的影响,从图上可以看出,大的收缩系数使得收缩速度增加很快.若只从收敛速度来考虑的话,大的收缩系数当然好,但大的收缩系数对初始形状的破坏很快,它使得控制点位置很快趋于均匀,且使得无论什么样的初始形状都很快趋于圆或椭圆,最终收缩到区域的中心点,因此,对于形状较为复杂的目标,收缩系数不能取得太大.

## 2 目标搜索

要在一个相对较大的区域内搜索到目标,则在上述的收缩过程中,必须要考虑目标区域的灰度特性.在这里利用像素点的梯度信息来约束整个搜索算法,因为梯度信息是最常用,且最便于由图象本身来获得.对于函数  $F(x, y)$ ,其梯度定义如下

$$\nabla F = \frac{\partial F}{\partial x} i + \frac{\partial F}{\partial y} j \quad (8)$$

$\partial F/\partial x$  与  $\partial F/\partial y$  分别为  $x$  和  $y$  方向  $F(x, y)$  的偏微分(在数字处理中为差分),  $i, j$  为方向向量.与前面收缩算法一致,可以通过分别计算  $x$  方向和  $y$  方向像素灰度的差分值,并以一个适当的阈值来作为搜索算法停止收缩的判决条件.另外,考虑到一般灰度图象中目标及背景的灰度分布情况,除了要计算控制点的差分值外,还要考虑其邻域各点的差分值,以判别是否是目标边界点.判决式如下

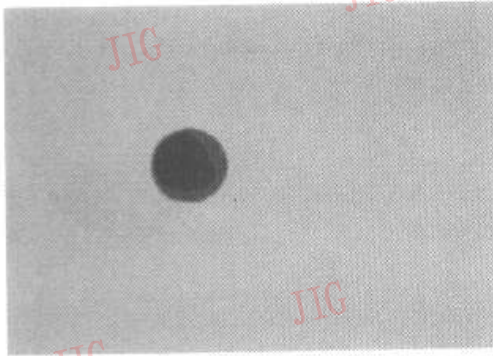
$$T_1 \leq G(x, y) \leq T_2 \quad (9)$$

式中,  $T_1$  为控制点像素梯度阈值,  $T_2$  为控制点邻域像素梯度阈值,它们的值可根据目标区域特性自动确定.

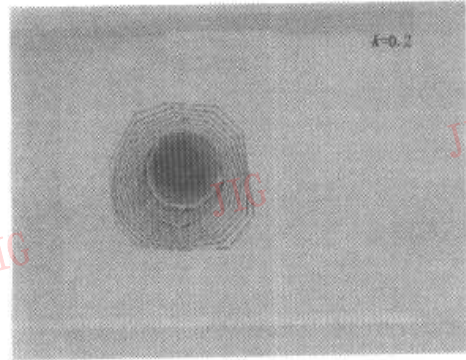
## 3 实验结果

图2、图3为利用本文提出的目标搜索算法对不同的灰度图象处理的结果,其中图2为一个细胞图的收缩结果,图中给出了选取不同的收缩系数及不同的初始点时算法的收敛过程及结果;图3给出了对导弹及汽车图象的搜索结果,所有实验中,选择的控制点都是12个,除了图2(c)、图3(d)初始控制点是在选定的矩形区域内等间隔地自动生成的外,其余均是用鼠标随机选择的.实验所有运算程序是用 Matlab 语言在 P III 450 上实现的.

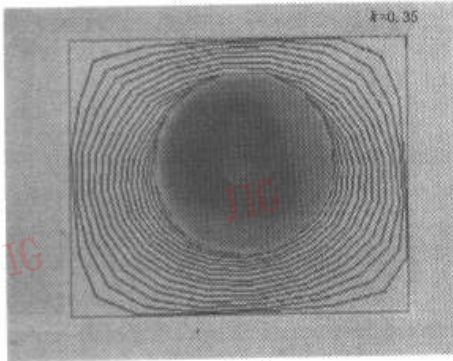
利用普通主动边界检测算法检测一个  $64 \times 64$  大小灰度图象中的目标边界,迭代100次,用时为5.6s;而利用本文算法,检测不同大小的图象中不同的目标,当  $k=0.5$ ,对图2( $640 \times 480$  pixel)迭代5次,用时0.06s,对图3( $352 \times 240$  pixel)中的目标迭代10次,用时0.11s.由此可见,利用本文算法计算量受图象大小的影响很小,只与控制点个数和迭代次数有关.



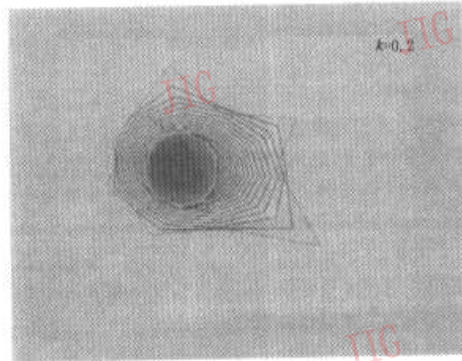
(a) 细胞原图



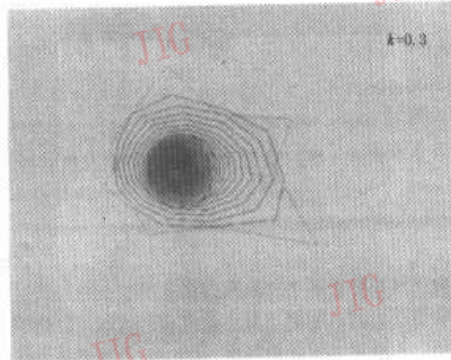
(b) 初始点比较均匀,  $k=0.2$



(c) 初始点比较均匀,  $k=0.35$



(d) 初始点非均匀,  $k=0.2$



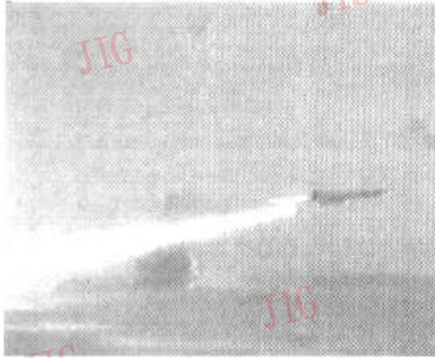
(e) 初始点非均匀,  $k=0.3$

图 2 对细胞图的处理结果

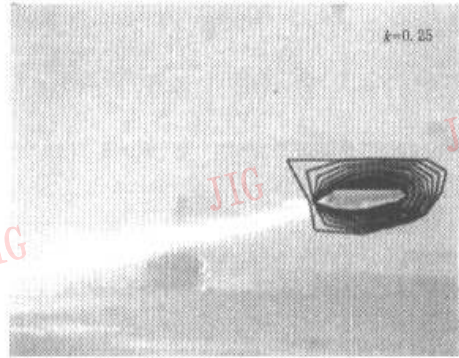
### 4 结 论

从实验结果可以看出, 本文提出的目标搜索算法可以在一定的范围内, 完成对不同形状目标的搜索定位. 由于整个搜索过程只对控制点进行运算, 而不需对区域内所有像素点计算梯度, 而且不受目标

大小及图象大小的限制(文中给出的实验所用的控制点数都是 12 个), 所以计算量比普通的主动边界搜索算法小很多, 从而便于实时实现. 该搜索算法的处理过程是从一个较大的区域边界开始, 逐步向内收缩, 直至目标轮廓, 因为是其符合一般自动目标搜索情况, 所以可用于在一定的范围内自动搜索目标, 并最终锁定在不同形状的目标轮廓上. 最后的控制点即



(a) 飞行导弹原图



(b) 导弹搜索结果



(c) 车辆原图



(d) 车辆搜索结果

图3 导弹和车图的处理结果

为目标轮廓上的点,可依此作为目标的特征点,来实现序列图象中目标的主动边界跟踪等应用.

参考文献

- 1 Kass M, Witkin A, Terzopoulos D. Snakes: Active contour models. *Int. J. Computer Vision*, 1988, 1(4): 321~331.
- 2 Marijn E Brummer, Russell M Mersereau, Robert L Eisner et al. Automatic detection of brain contours in MRI data sets. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 1993, 12(2): 153~166.
- 3 Leymarie F, Levine M. Tracking deformable objects in the plane using an active contour model. *IEEE Trans. On PAMI*, 1993, 15(6): 617~634.

唐明 中科院自动化研究所模式识别国家重点实验室助理研究员, 1987年在浙江大学计算机系获硕士学位, 现为自动化所在职博士研究生, 主要从事计算机视觉、图象处理及目标识别方面的研究.



马颂德 科技部副部长, 研究员, 博士生导师, 主要研究方向为计算机视觉计算理论、机器人视觉、医学图象处理、多媒体技术等.



侯格 空军工程大学工程学院航空电子工程系副教授, 1999年获西安电子科技大学信号与信息处理学科博士学位, 现在中国科学院自动化研究所模式识别国家重点实验室博士后流动站工作, 主要从事信号处理、图象处理及模式识别方面的研究.