

# 基于遗传算法搜索的运动目标跟踪

王 栋 朱 虹 马文庆

(西安理工大学自动化与信息工程学院, 西安 710048)

**摘 要** 随着视频监视系统智能化要求的提高,监控系统对运动目标的正确跟踪已成为本领域的一个研究热点。如何通过摄像头采集的2维视频画面,获得目标物的纵深运动状态,从而实现对摄像机焦距的控制是需要解决的问题。为此,提出了一种基于遗传算法搜索的运动目标跟踪方法,采用遗传算法,对运动目标的3维边缘特征模板进行最佳匹配,获得对目标位置以及大小的正确跟踪,以实现对摄像机焦距的控制,保证了被跟踪目标物能够在监控画面中大小相对稳定,提高了监控的质量。

**关键词** 模板匹配 遗传算法 3维边缘特征

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2009)08-1696-04

## Tracking Moving Object Based on Genetic Searching Algorithm

WANG Dong, ZHU Hong, MA Wen-qing

(The College of Automation and Information Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048)

**Abstract** With the increasing requirements of video monitoring system's intelligence, tracking moving object has been a hotspot. It is a problem needs be to addressed that how to detect object's depth moving state (the size of object) only with 2D video signal and control the camera's zoom. This paper proposes a method of tracking moving object in 3D-space based on genetic searching algorithm. The object's 3D contour feature can be searched and matched using genetic algorithm to detect the location and the size of a moving object. Then, the camera's zoom can be controlled. This method can ensure a relatively stable size of the moving object in the video screen and improve the quality of the monitoring system.

**Keywords** template matching, genetic algorithm, 3D contour feature

## 1 引 言

对于视频监视系统,由于摄像头随着目标运动而转动,在进行运动目标跟踪时,有效的方法是对运动目标进行特征描述与特征匹配。显然,跟踪是否准确,很大程度取决于目标物特征的选取。目前,常用的目标特征有像素特征、直方图特征<sup>[1]</sup>、形态特征<sup>[2]</sup>、纹理特征等<sup>[3]</sup>。通过对这些特征的匹配,在一定程度上能够较好地实现对运动目标的跟踪。然而,现有算法只能实现对目标位置的跟踪,而无法实

现根据运动目标的大小变化来控制摄像机的焦距。要想能够在匹配过程中同时检测到目标物的大小变化,需要寻找能够对运动目标的3维特征进行描述与匹配的方法。

为此,提出一种基于3维空间的模板匹配方法,其设计思想是,在进行特征模板匹配时,根据目标物距离镜头的远近,采用远近距离描述参数调整的方法,在不增加特征匹配数据量的前提下,对模板的大小进行调整,匹配目标物。同时,采用遗传算法作为最佳搜索策略,以获得目标的准确匹配。

收稿日期:2009-03-04; 改回日期:2009-05-14

第一作者简介:王 栋(1979~),男,2007年获西安理工大学硕士学位,现为西安理工大学自动化与信息工程学院教师。主要研究方向为图像处理及其应用。E-mail: wangdong1210@xaut.edu.cn

## 2 目标 3 维特征模板的确定

### 2.1 目标特征的确定

刚体目标在运动过程中,其形状和大小的变化是一个渐变的过程,不会发生突变。根据这一特点,采用目标边缘特征模板方式<sup>[4]</sup>来描述目标。

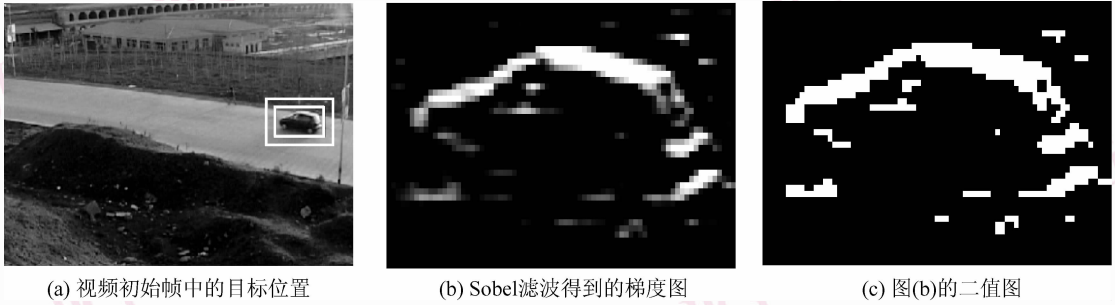


图 1 视频初始帧中目标特征模板的建立

Fig. 1 Building feature template of moving object

为了进一步减少数据量,只将特征模板中检测为边缘点的(即图 1(c)中的白点)坐标记录下来:

$$R_{\text{mod}} = \{(x, y) | (x, y) \text{ 为模板中的边缘点}\}$$

这样,就使特征保存的数据量大大减小了,同时,也可以加快内存访问的速度,这也是提高算法实时性的一个关键因素。

### 2.2 目标特征的 3 维匹配准则

在定义了目标特征模板之后,在后续帧中寻找与之相匹配的目标时,采用的匹配准则定义为

$$M = \sum_{(x, y) \in R_{\text{mod}}} \beta(\lambda x, \lambda y) \quad (1)$$

其中,β 为匹配区域中当前匹配块的二值图像,R<sub>mod</sub> 为特征模板中边缘点坐标数组,(x, y) 为数组中保存的坐标值,λ 为模板的放缩系数,表征了目标 3 维方向上接近或远离摄像头的特性。式(1)给出的 3 维匹配准则,其有以下几个要素。

#### (1) 模板的放缩系数 λ

如图 2 所示,考虑到在控制摄像机焦距时不需要很严格的准确,因此,可以认为目标距离镜头的远近与画面中检测到的目标大小近似成线性关系,所以,按照式(1)能够从(λx, λy)来获得目标。

#### (2) 模板的 3 维变换

如图 3 所示,当采用放缩系数 λ 来表示运动目标距离镜头的远近时,原始模板中的特征点坐标

如图 1 所示,首先在出现目标的初始帧中选定跟踪目标区域(图(a)内框中的区域),之后对所选定的目标区域的亮度分量进行 Sobel 锐化滤波处理后得到目标的边缘(图(b)),最后采用大津法确定阈值对该边缘图进行二值化处理,就得到了表征目标的边缘特征模板(图(c))。

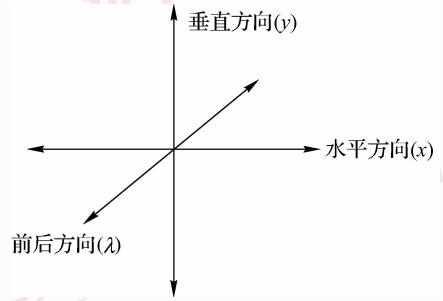


图 2 3 维空间定义

Fig. 2 Define of 3D-space

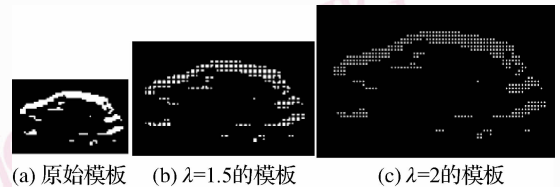


图 3 模板放缩示意图

Fig. 3 Zoom of template

(x, y) 转换为(λx, λy)的话,实际上模板的点数没有增加(当 λ > 1 时),只是在目标靠近摄像机的時候,选择能够反映目标概貌的间隔点来描述目标模板,这样,当目标接近镜头变大时,不会增加匹配点数。

### 3 基于遗传算法<sup>[5]</sup>的目标 3 维搜索

在上面给定了对目标检测时的匹配准则,以及模板的 3 维变换之后,在目标跟踪时,实际上就是通过改变  $x, y, \lambda$  来进行目标的匹配。

在 3 维空间中对目标进行搜索,最简单的搜索算法是全搜索算法(FSA),但是该算法虽然能找到全局最优,但是运算量较大。此外经典的快速搜索算法如三步搜索法(TSS)无法满足所需搜索精度的要求。考虑到搜索速度以及搜索正确性的问题,采用遗传算法<sup>[5]</sup>来完成对目标的搜索。

#### 3.1 染色体的二进制编码

在这里,目标有 3 个运动分量( $x, y, \lambda$ )。分别对这 3 个分量进行二进制编码。对于  $x, y$  分量,编码的长度  $L$  取决于搜索范围的大小。设  $x, y$  分量的搜索范围为  $[0, \omega]$ , 则有:

$$L = \log_2 \omega \quad (2)$$

对于  $\lambda$ , 考虑到对目标大小检测的精度要求不高,可以  $\lambda = 1$  为中心,对搜索区域划分若干等级,然后根据等级数量确定编码的长度,并对其一一编码。例如:考虑到成像距离与成像大小的反比例关系,可以定义  $\lambda$  搜索范围为  $(1.3, 1.2, 1.1, 1, 0.9, 0.8)$ , 编码如下:

表 1 缩放因数编码表  
Tab. 1 Coding of  $\lambda$

$\lambda$ 值	编码值
0.8	010
0.9	001
1.0	000
1.1	100
1.2	101
1.3	110

例如:染色体  $C_i = \{000100 | 001011 | 100\}$ , 表示该染色体对应  $x = 4, y = 11, \lambda = 1.1$ 。

#### 3.2 适应规划的确定

适应度函数定义为目标的匹配程度,即

$$J = M = \sum_{(x,y) \in R_{\text{mod}}} \beta(\lambda x, \lambda y) \rightarrow \max \quad (3)$$

(1) 变异 变异率  $p_m$  的大小会影响遗传算法的搜索效果,同时,在本文的编码方式中,变异的位

置也会影响搜索效果,因此采用启发式变异。适应因子定义为

$$K = \frac{M}{M_{\text{max}}} \quad (4)$$

其中,  $M$  为该染色体的适应度,  $M_{\text{max}}$  本代中最高适应度。

根据适应因子,对其值大的情况,在低位变异;其值小的情况,在高位变异。

(2) 交叉 考虑到数据分布规律和染色体编码方式,在交叉点的选取上要以选出的一对染色体平均适应因子  $\bar{K}$  值来决定,被选出的两个染色体的适应因子分别为  $K_1, K_2$ 。平均适应因子为

$$\bar{K} = \frac{K_1 + K_2}{2} \quad (5)$$

$\bar{K}$  值大的在低位交叉,  $\bar{K}$  值小的在高位交叉。

#### 3.3 收敛条件的确定

算法若满足以下两种收敛条件中的任何一种则迭代算法停止,并输出搜索结果。

(1) 当种群中的最佳匹配染色体的适应度大于上次搜索时的最佳匹配染色体的适应度时,算法收敛。

(2) 规定最大迭代次数  $I$ , 当迭代次数大于  $I$  时算法停止,  $I$  的值影响算法的运算量和搜索精度。

#### 3.4 搜索算法具体步骤

(1) 在搜索范围内平均分布地生成  $N$  个初始染色体,即  $\{C_0, C_1, C_2, \dots, C_{N-1}\}$ 。

(2) 根据式(3),计算各染色体的适应度  $J(i)$ , 以及适应度总和,  $i = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 。判断是否满足收敛条件 1, 如果满足直接进入步骤 7。

(3) 将最大适应度的染色体放入交配池中  $C'_0$  位置。再采用轮盘赌算法选择出  $N-1$  个染色体放入交配池中  $\{C'_1, C'_2, \dots, C'_{N-1}\}$ 。

(4) 交叉 从交配池中除了  $C'_0$  之外的染色体中,随即选择一对染色体,根据平均适应因子  $\bar{K}$  选择交叉点进行交叉。

(5) 变异 根据变异率  $p_m$  随即选出  $n$  个染色体,并根据其适应因子确定变异位置,将变异位置上的二进制数取反。

(6) 判断是否满足收敛条件 2, 如果满足进入下一步,否则返回步骤 2。

(7) 将最后一代中适应度最高的染色体作为搜索结果输出。

## 4 实验结果与分析

针对图4中的实验视频,对参数选择如下:初始搜索窗为 $30 \times 20$ ,搜索范围为 $40 \times 40$ 。遗传算法参数:变异率 $p_m = 0.1$ ,交叉率 $p_c = 1$ ,根据搜索范围确定编码长度 $L = 6$ ,表2是染色体个数 $N$ 以及最大迭代次数 $I$ 对平均搜索时间、平均搜索误差的影响对照表,其中 $T$ 表示平均搜索时间, $e$ 表示平均搜索误差。考虑到算法实时性和精度的要求,最终确定染色体个数 $N = 25$ ,最大迭代次数 $I = 10$ 。

表2 参数对算法的影响

Tab. 2 The effect of parameter's selection

$I$	$N = 10$		$N = 25$		$N = 50$	
	$e$ (pixel)	$T$ (ms)	$e$ (pixel)	$T$ (ms)	$e$ (pixel)	$T$ (ms)
6	3.147	18	2.135	29	1.153	51
10	1.412	25	0.891	39	0.788	59
15	1.378	37	0.861	50	0.743	64

同时,针对实验视频,分别采用本文算法,FAS,TSS和文献[5]算法进行了搜索,表3中给出了4种算法的平均搜索误差 $e$ 与平均搜索时间 $T$ 。其中FAS的搜索时间显然无法满足实时性的要求,TSS的误差较大,多帧之后会出现丢失目标的情况。通过调整参数,文献[5]的算法染色体个数 $N = 25$ ,最大迭代次数 $I = 15$ ,其平均误差略大于本文算法。

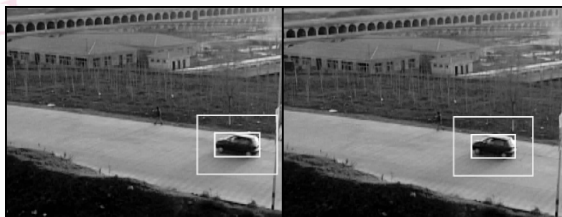


图4 跟踪效果示意图

Fig. 4 Experimental result of object tracking

表3 搜索算法的比较

Tab. 3 Comparison of differnt searching algorithms

搜索算法	$e$ (pixel)	$T$ (ms)
本文算法	0.891	39
FAS	0	357
TSS	7.614	3.8
文献[5]算法	1.348	38

图4为本文算法在视频序列的初始帧、第5帧、第30帧和第100帧中的跟踪效果。

从跟踪效果可以看出,本文算法可以很好地实现对目标的位置跟踪。同时由于采用了3维空间的搜索算法,也能够很好地检测出目标物在画面中的大小变化。

## 5 结论

通过目标物的3维边缘特征模板的描述方法,在运动目标跟踪过程中,不仅能够实现目标位置的跟踪,同时也能够实现对目标大小变化的跟踪。在特征最佳匹配过程中,采用遗传算法进行最佳搜索,使目标跟踪在实时性和跟踪精度方面,都达到了实际应用的需要。

### 参考文献 (References)

- Bo Xiao-chen, Liu Jian-ping. Color histogram based on image retrieval [J]. Journal of Image and Graphics, 1999, 4A(1):33-37. [伯晓晨, 刘建平. 基于颜色直方图的图象检索[J]. 中国图象图形学报, 1999, 4A(1):33-37.]
- Zeng Jie-xian, Lu Yu-ming. A representation method based on aspect graph for 3D objects [J]. Journal of Image and Graphics, 2002, 7(9):906-910. [曾接贤, 鲁宇明. 三维物体的形态图表达方法[J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(9):906-910.]
- Cao Yuan-yuan, Yang Bo, Xu Guang-you. Netlike texture detection method using fractal texture features and wavelet transform [J]. Acta Automatica Sinica, 2007, 33(7):688-692. [曹媛媛, 杨波, 徐光祐. 基于分形纹理特征和小波变换的网状纹理检测方法[J]. 自动化学报, 2007, 33(7):688-692.]
- Dong Wang, Hong Zhu, Qin Li. A dynamic adaptive update system of tracking moving objects based on contour feature [A]. In: Proceedings of International Conference on Information and Automation 2006 [C], Weihai, Shandong, China, 2006:332-336.
- Xu Yue-lei, Bi Du-yan, Mao Bai-xin. Genetic search algorithm for motion estimation [J]. Journal of Image and Graphics, 2001, 6(2):164-167. [许悦雷, 毕笃彦, 毛柏鑫. 一种遗传搜索块匹配运动估计算法[J]. 中国图象图形学报, 2001, 6(2):164-167.]