

文章编号:1000-582X(2005)06-0074-03

# 基于自适应模板的匹配算法在跟踪系统中的应用\*

张玲, 韩建, 何伟, 唐仁圣

(重庆大学通信工程学院, 重庆 400030)

**摘要:**基于模板匹配的跟踪算法具有提取信息全面、算法简捷的优点,但目前采用固定模板匹配的算法在实际跟踪过程中容易发生误判,作者经过研究提出了自适应模板匹配的算法,该算法能有效的克服上述的问题,在此基础上作者给出了初始模板的捕获和目标物位置预测的具体算法,采用了基于自适应模板跟踪算法的“DX-1”系统在实际跟踪过程中取得了很好的跟踪效果。

**关键词:**最大化背景预测;质心;波门预测;自适应模板;匹配

**中图分类号:**TP391.41

**文献标识码:**A

“DX-1”为针对空中近地飞行导弹的光学单目标跟踪系统,跟踪距离在500~5000m范围之内,重点跟踪距离为2000~5000m。该系统要求首先进行人工捕获,当锁定目标后,系统即进入自动跟踪状态,故具有良好跟踪性能的算法对该系统至关重要。目前在CCD光学跟踪系统中,基于模板的匹配算法具有提取信息全面,算法简捷,而在空中飞行物跟踪系统中,如果使用提取目标飞行物的特征的方法来识别的话,则运算量将非常高,这就对硬件提出了很高的要求,而如果使用模板匹配的话,则可以解决这些问题,这是因为模板很完整的保存了图像中目标物的形状,灰度变化和纹理。目前采用匹配算法的跟踪系统中的模板大多数是固定不变的,而在实际跟踪中,由于目标物远近和飞行姿态的不同,所成像的大小和形状也会不尽相同,这就往往造成了误判。笔者使用了动态更新模板的算法来实现空中飞行物跟踪系统,最后在“DX-1”系统的应用中取得了很好的效果。

## 1 初始目标模板的捕获

初始目标轮廓的获取对以后的跟踪至关重要,本算法主要是针对单个空中飞行目标而提出的,因此要求在系统的启动阶段由人工使用波门来锁定一个目标,波门内的背景要求均匀,波门内无形状大小与被跟踪目标相当的干扰目标。对于初始目标轮廓的提取,使用了最大化背景预测算法在波门内来寻找所要跟踪的

目标。

### 1.1 最大化背景预测算法

考虑到本系统在人工捕获目标时要求波门内的背景为均匀变化,同时波门内的目标为单目标。故在此使用了最大化背景预测算法来进行波门内的目标和背景的分割,波门大小为 $M \times M$ ,分割后的效果如下图。

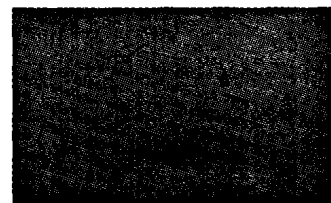


图1 原图像

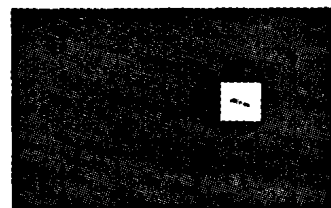


图2 进行波门内最大化背景预测算法处理后的图像

如果 $(m, n)$ 不属于 $M \times M$ 波门图像内的一点,则令 $X'(m, n) = 255$ 。

经过这样处理后,就可以得到一幅二值化的图像,其中灰度值为0的像素点构成目标物,如果波门内灰度值为0的区域有多个,则系统提示要求重新人工锁定目标。

\* 收稿日期:2005-01-15

作者简介:张玲(1964-),女,重庆人,重庆大学副教授,主要从事电子系统设计和图象处理的研究。

### 1.2 目标物质心的确定

在获取初始模板时,必须确定目标的质心 $(\bar{X}, \bar{Y})$ <sup>[7]</sup>,则可以以目标物的质心 $(\bar{X}, \bar{Y})$ 为中心,按照二值化图象所给出的目标物所在的位置在原图像中截取模板.

### 1.3 初始模板的确定

先确定模板  $G$  的大小,令  $G$  的大小为  $a \times a$ ,以质心 $(\bar{X}, \bar{Y})$ 为中心,根据二值化图像  $X'$  确定的目标位置,将原始图像  $X$  中目标的信息存入模板  $G$  中:

$$G(m, n) = \begin{cases} X(m + \bar{X} - \frac{a}{2}, n + \bar{Y} + \frac{a}{2}) & X'(m + \bar{X} - \frac{a}{2}, n + \bar{Y} - \frac{a}{2}) = 0 \\ \Delta_0 & X'(m + \bar{X} - \frac{a}{2}, n + \bar{Y} - \frac{a}{2}) = 255 \end{cases},$$

$$(m = 1, \dots, a, n = 1, \dots, a). \quad (1)$$

$\Delta_0$  为一个标志值,因为在此后的处理中,只对模板  $G$  中的目标物部分进行匹配,那么在程序设计时,可以设定当遇到模板中当前值为  $\Delta_0$  的时候不进行运算,经过式(1)变换,可以得到第一幅图像中目标物的模板  $G_0(m, n)$ .

## 2 波门位置的预测

在确定了初始模板后,接着便是目标物的跟踪,但在匹配之前,为了加快搜索的速度,首先必须确定一个大致的波门位置,此后的匹配运算将在这个波门里进行.波门位置的预测采用曲线拟合<sup>[7]</sup>,可得到预测点  $q(m', n')$ .

在预测点  $q(m', n')$  周围确定一个  $M \times M$  大小的波门,此后的查找将在波门内进行.

图 3 为系统处理界面,位于图像下边显示的为系统测算的当前目标物坐标位置和预测下一帧图像中目标物相对于当前目标物的偏移坐标.

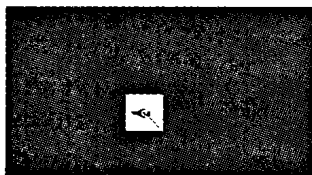


图 3 跟踪系统的处理界面

## 3 自适应模板匹配运算

对波门内的每一点进行匹配运算,并从中找出最佳匹配点  $C_{opt}(m_{opt}, n_{opt})$ ,则此点就是目标物的位置:

$$C(m, n) = \sum_{l=1}^a \sum_{k=1}^a,$$

$$\begin{cases} [G(l, k) - X(m + l - \frac{a}{2}, n + k - \frac{a}{2})]^2 & G(l, k) \neq \Delta_0 \\ 0 & G(l, k) = \Delta_0 \end{cases},$$

$$(m = m' - \frac{M}{2} \dots m' + \frac{M}{2}, n = n' - \frac{M}{2} \dots n' + \frac{M}{2}). \quad (2)$$

而  $C_{opt}(m_{opt}, n_{opt})$  为  $C(m, n)$  中最小值,即:

$$C_{opt}(m_{opt}, n_{opt}) = \text{MIN}[C(m, n)],$$

$$(m = m' - \frac{M}{2} \dots m' + \frac{M}{2}, n = n' - \frac{M}{2} \dots n' + \frac{M}{2}). \quad (3)$$

以  $C_{opt}(m_{opt}, n_{opt})$  为中心,取一个  $b \times b$  大小的窗口,对其中像素的灰度值作平均运算,取其平均值  $\bar{Y}_n$ :

$$\bar{Y}_n = \frac{1}{b \times b} \sum_{l=-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} \sum_{k=-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} \{C(m_{opt} + l, n_{opt} + k)\}. \quad (4)$$

以平均值  $\bar{Y}_n$  为基准,以  $C_{opt}(m_{opt}, n_{opt})$  为中心做二值化运算:

$$X'(m_{opt} + l, n_{opt} + k) = \begin{cases} 0 & |X(m_{opt} + l, n_{opt} + k) - \bar{Y}_n| < \Delta \\ 255 & |X(m_{opt} + l, n_{opt} + k) - \bar{Y}_n| \geq \Delta \end{cases}, \quad (5)$$

( $\Delta$  为经验值,经过大量实验,在这里取值为 20)

然后选取以  $C_{opt}(m_{opt}, n_{opt})$  为中心其周围  $X'(m, n)$  像素值为 0 的连通区域  $D$ ,将与  $D$  所对应位置的像素  $X(m, n)$  存入模板  $G$  中去.经过以上运算,可得到了更新后的模板  $G'$ ,根据  $C_{opt}(m_{opt}, n_{opt})$  和更新后的模板  $G'$ ,可以进入下一次的迭代运算.

图 4 为对一个飞行中的飞机进行跟踪的结果.

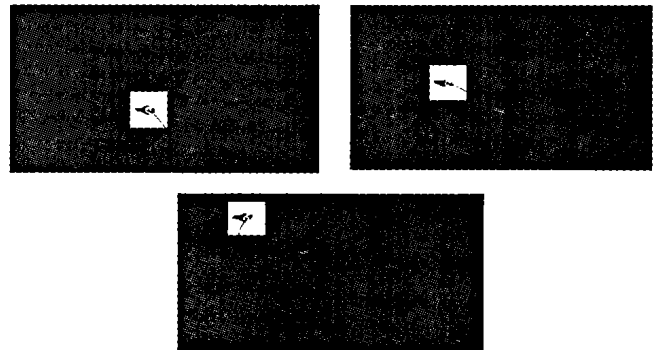


图 4 基于自适应模板的跟踪效果

该图为“DX-1”跟踪系统对一个空中目标跟踪的结果,图中的黑线为系统所描绘的目标物飞行轨迹,通过对“DX-1”跟踪系统大量的实验,可发现采用了自适应模板跟踪算法后,相对于采用固定模板跟踪算法,该系统的误跟踪率和跟踪丢失率大大降低,误跟踪率

由原来的10%下降为2%,跟踪丢失率由原来的7%下降为3%,这表明了该算法具有较好的跟踪效果。

#### 4 结束语

笔者采用了动态更新模板的算法来跟踪空中飞行目标,关于自适应模板匹配跟踪的一些后续问题:为解决相邻两帧图像部分像素值发生突变所带来算法不稳定的问题,将改进现用的单模板跟踪算法,拟采用将模板划分成若干个区(子模板)的方法,用各子模板进行匹配计算,这样当部分像素发生变化时,影响的主要是相对的子模板,而对其它的子模板的影响较小,利用这些子模板的匹配结果,得出综合的匹配结果,据此对跟踪中出现的一些问题可做出较好的判断。

#### 参考文献:

- [1] 曲仕茹,史忠科.基于飞行器图像的目标跟踪方法研究[J].飞行力学,2001,19(4):81-85.
- [2] 刘涛,黄席樾,周欣,等.高速公路弯道识别算法[J].重庆大学学报(自然科学版),2003,26(7):24-28.
- [3] 程相权,郭治,余海,等.一种快速目标的图像跟踪综合算法[J].兵工学报,2001,22(4):496-500.
- [4] 王春平,朱元昌,黄允华.基于图像信息的跟踪算法分析[J].火力与指挥控制,2000,25(1):17-25.
- [5] 徐军,向建华,梁昌洪.最大化背景模型用于检测红外图像中的弱小目标[J].光子学报,2002,31(12):1482-1486.
- [6] 杨治平.基于自适应混合变换编码的二值图像处理[J].重庆大学学报(自然科学版),2001,24(3):109-113.
- [7] 夏良正.数字图像处理[M].南京:东南大学出版社,1999.

## Matching Method Based on Self-adjusting Template Using in Tracking System

ZHANG Ling, HAN Jian, HE Wei, TANG Ren-sheng

(College of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** The tracking algorithm based on template matching has the advantages of simpleness and obtaining more information, but now the tracking algorithm based on fix template was prone to discrimination. After researching, the author put forward a new template self-adjusting algorithm. This method can overcome the problem of the discrimination effectively. Besides, the author presents the methods of the initial model capturing and the target position forecasting. With this new algorithm, the video tracking system "DX-1" has achieved good tracking effect.

**Key words:** maximize background prediction; center of mass; gate prediction; adaptive template; matching

(编辑 吕赛英)