

序列图像中的目标区域跟踪算法的设计

高峰, 魏少华, 刘彩红

(西安工业大学 北方信息工程学院, 陕西 西安 710025)

摘要:在测量高炮在基于雷达信号对飞行目标的自动跟踪精度时,采用的是在火炮身管上安装摄像机,然后对所拍摄的图像进行处理并最终测算出跟踪精度。此种情况下,摄像机和目标均处于运动状态,对所获得的序列图像,分析了其特点,首先对图像进行滤波降噪,然后对图像进行了分割并使用数学形态学算法修正了分割结果的形态,基于图像中区域的特征,最后设计了一个自动跟踪图像序列中目标区域的算法,给出了判断是否发生误跟踪的标准,并对跟踪错误的情况进行了处理。根据对实际图像序列中目标区域的跟踪结果验证,本算法是可行的。

关键词:区域跟踪; 区域特征; 图像序列

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)08-0085-04

An Algorithm Design for Tracking Object Region in Image Sequence

GAO Feng, WEI Shao-hua, LIU Cai-hong

(North Institute of Information Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710025, China)

Abstract: When measuring tracking accuracy of artillery controlled by radar signal, a camera is mounted in the barrel and then an image sequence can be captured. The camera and the flying object moves at the same time. According to this character, images captured by the camera are filtered to reduce noise firstly. Then images are segmented and algorithm of mathematical morphology is used to correct shape of the object. Lastly, based on features of regions in an image, design an algorithm which can automatically track and identify every object region in a sequence of digital image. It also provides a function which can judge if there is any wrong identification. According to the experience, this algorithm is available.

Key words: tracking of region; feature of region; image sequence

0 引言

图像跟踪是图像处理及计算机视觉领域的一个重要研究方向。用摄像机跟踪运动目标得到一个图像序列是一个从三维到二维的投影过程,在这个过程中会丢失大量信息。图像跟踪算法只能根据图像中保留的信息设计。在算法的设计过程中能够综合考虑目标的运动特点、摄像机与目标的位置以及所摄取图像的特点等多种因素,可以提高算法的性能。

如果能够较好地进行区域分割,就可以基于区域的统计特征设计跟踪算法^[1,2]。区域面积和区域重心是区域的两个特征。文中,根据被跟踪图像的特点设计了一个基于区域面积和重心的图像跟踪算法,该算法综合考虑了由于摄像角度和目标运动姿态的变化而引起的每幅图像中目标区域的位置、大小、形态的变化

对跟踪过程的影响,该算法还考虑了被跟踪目标的一部分可能出离摄像机视野这种情况。此外,算法还对出现跟踪错误的情况进行了处理。

文中所要处理的图像序列是这样获得的: CCD 摄像机架设在火炮身管上,且光轴方向与火炮身管指向相同,火炮在雷达和随动系统的控制下根据空中的飞行目标不断调整身管的指向,摄像机随着火炮身管移动以跟踪目标,摄像机同时以较短的时间间隔进行图像的采集,这样采集一段时间后,就可以获得一个序列图像。由于控制系统的滞后以及目标飞行姿态变化等影响,目标在每幅图像中形成的目标区域是不相同的。在序列图像中自动识别出每幅图像中的目标后可以进一步计算高炮对飞行目标的跟踪精度等一些参数^[3-5]。基于此目的,对原图像进行了滤波、分割和膨胀腐蚀等预处理后,根据分割图像中各区域的特征,最终设计出跟踪算法。

收稿日期: 2010-12-13; 修回日期: 2011-03-21

基金项目: 西安工业大学北方信息工程学院院长基金项目(BXXJJ-1023)

作者简介: 高峰(1976-),女,助教,研究方向为计算机视觉、模式识别。

1 图像预处理

1.1 滤波降噪

当目标经过 CCD、图像采集卡形成图像文件时,

必然会带来一定的转化误差,再加上空间能见度和光照等周围环境的影响,目标图像上必然会带有一定的噪声和失真。为了很好地进行目标识别等后续处理,消除噪声的影响,需要对图像首先进行预处理。一是抽出对象的特征作为图像识别的特征模式;另一方面是为适应计算机处理的要求,消除图像数字化时所带来的噪声。对滤波处理的要求有两条:一是不能损坏目标图像的轮廓及边缘等重要信息;二是使目标图像清晰,视觉效果好。

在本系统中使用中值滤波算法。中值滤波的基本原理是把数字图像中一个点的灰度值用该点的一个邻域内所有点的灰度值的中值代替。在一幅图像中,假设以 g_0 为中心的邻域内各点的灰度值为 $g_0, g_1, g_2, \dots, g_n$, 把这些灰度值按由小到大的顺序排列如下:

$$g_0 \leq g_1 \leq g_2 \leq \dots \leq g_n \quad (1)$$

则中值 m 可以定义如下:

$$m = \begin{cases} g_{i \frac{n+1}{2}} & n \bmod 2 = 1 \\ (g_{i \frac{n}{2}} + g_{i \frac{n}{2}+1})/2 & n \bmod 2 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

使用 3×3 模板的中值滤波算法处理原图像的完整工作步骤如下:

- (1) 将模板在图像中漫游,并将模板中心与图像中某个像素的位置重合;
- (2) 读取模板下各对应像素的灰度值并将这些灰度值从小到大排列;
- (3) 找出中值 m ;
- (4) 将这个中间值赋给对应模板中心位置的像素。

1.2 图像分割

文中所要处理的图像背景比较单一。但由于目标的各部分对太阳光的反射角度和反射程度都不相同,目标区域内部各像素的灰度值并没有固定的分布规律。换句话说,背景区域内各像素具有相同的特性,但目标区域内部的像素点却没有相同的特性。对图像做灰度直方图可以看到,除代表背景灰度的一个比较大的峰之外,还有多个比较小的峰。灰度直方图呈双峰分布的图像才能使用全局阈值分割,因此文中使用了局部阈值分割方案。

在使用局部阈值分割图像时,首先要将原图像分割成一系列的子图像。在文中,原图像被分成了一些特殊的“行图像”,即原图像的每一行是一个子图像。通过计算每一行的灰度直方图,可以找到每一行中包含最多点的一个灰度值,也可以把这个值称为行阈值。人工设置上下两个门限值。如果一个点的灰度位于以行阈值为中心,以上下两个门限为半径的区间内,就认为该点是背景中的点,否则认为该点是前景区域中的点。每一个行阈值和上下门限的值就可以将一行分成

背景和前景两部分。综合处理全图,可以把图像分割成背景和前景两部分。前景包括一个或多个区域,其中一个区域是目标形成的,其它区域是由云或者不能被滤波的面积较大的噪声区域形成的。详细处理步骤如下:

- (1) 将原图像分割成一组行图像;
- (2) 统计每一个行图像的灰度直方图;
- (3) 在灰度直方图中,找到包含最多点的灰度值 m ,把它当作行阈值;
- (4) 设置上门限值 k_{up} ,下门限值 k_{down} ;
- (5) 如果当前点的灰度值位于区间 $(m + k_{down}, m - k_{up})$ 内,就认为该点是背景,把它的灰度设置为 255,否则设置它的灰度值为 0。

1.3 膨胀腐蚀

膨胀和腐蚀都是数学形态学的基本运算。

膨胀的运算符是 \oplus , A 用 B 来膨胀写作 $A \oplus B$, 其定义为:

$$A \oplus B = \{x \mid [(B)_x \cap A] \neq \emptyset\} \quad (3)$$

腐蚀的运算符是 \ominus , A 用 B 来腐蚀写作 $A \ominus B$, 其定义为:

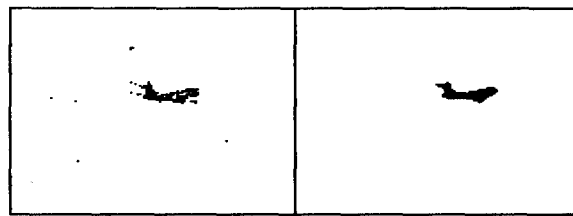
$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\} \quad (4)$$

在系统中,选取结构元素 B 为大小为 3×3 的像素矩阵,经过使用闭合运算,分割过程中出现在飞机区域内部的孔洞被填充,断裂的区域也被连接,并且在滤波过程中因为面积超过结构元素大小的噪声区域也被滤除。飞机区域的形态被修正,有利于识别过程的计算。

A 用 B 来闭包记作 $A \cdot B$, 定义如下:

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B \quad (5)$$

利用膨胀腐蚀对分割结果修正形态的结果如图 1 所示。



(a) 分割结果 (b) 修正后的结果

图 1 形态学算法修正目标形状结果

2 跟踪算法的设计

2.1 区域特征的选择

基于区域特征的目标图像跟踪过程是一个连续的目标区域识别过程^[6-8]。通过计算一幅图像中与每个区域相关的特征值,可以识别当前图像中的目标区域。在一个图像序列中识别出每一幅图像中的目标区域就

完成了对目标的跟踪。

文中所跟踪的图像序列有这样的特点:目标相对于摄像机做平移运动;摄像机位置相对固定并且它可以根据目标的运动而实时调整摄像角度;摄像时间间隔较短;背景比较“干净”。在这种图像序列中,相邻的两幅图像内目标区域的大小变化不明显并且目标区域在图像中所处的位置变化不大。图像序列的这些特点,可以由目标区域面积和区域重心变化不显著描述。

区域面积是描述区域大小的一个特征值^[9]。如果设正方形像素的边长为单位长度,则区域 R 的面积就是属于该区域的像素个数。式(6)是其计算方法:

$$A = \sum_{(x,y) \in R} 1 \quad (6)$$

区域重心是区域的全局特征值,它反映区域在图像中的位置^[10]。区域重心是根据所有属于区域的点计算的,区域 R 的重心 (\bar{x}, \bar{y}) 可以由公式(7)和公式(8)确定:

$$\bar{x} = \frac{1}{A} \sum_{(x,y) \in R} x \quad (7)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{A} \sum_{(x,y) \in R} y \quad (8)$$

2.2 识别依据

在确定了把区域重心和区域面积这两个特征作为识别依据后,还应该根据这两个特征设计识别算法。文中,一幅图像中最多只有一个由飞机形成的目标区域和若干个由噪声或者是云形成的非目标区域,系统只对目标区域感兴趣。根据此特点,可以把图像中的区域分为两类,一类是目标区域,一类是除了目标之外的所有区域,在设计识别算法时可以根据这些特点来进行。综合前文所述的因素,在本系统中,笔者设计了一个函数作为识别依据。该函数由上幅图像中已知目标区域的重心和面积以及当前图像中需要判断区域的面积和重心这四个值构造而成,可以称这个函数为分类依据函数。在确定一个区域应归属的类时,首先计算该区域的分类依据函数的函数值,如果这个值为零或者是足够小,就认为这个区域是当前图像中的目标区域,否则就认为它不是目标区域。这个函数的形式如式(9)所示:

$$T(x_0, y_0, x_1, y_1, A_0, A_1, W) = d(x_0, y_0, x_1, y_1) + |A_1 - A_0| \times W \quad (9)$$

其中

$$d(x_0, y_0, x_1, y_1) = (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 \quad (10)$$

其中 (x_1, y_1) 是上一幅图像中目标区域的重心, (x_0, y_0) 是当前要判定区域的重心, A_1 是上一幅图像中目标区域的面积, A_0 是当前正在处理的区域的面积, W 是一个权值, W 值表示的是连续两幅图像中目标区域面积的变化对识别的影响程度,式(9)中的 d 值

表示的是相邻两图像中目标位置变化对识别过程的影响。根据目标区域面积的变化程度可以调节 W 值,使识别效果最好,当相邻的两幅图像中目标区域的面积变化不大时,令权值 W 取接近0的值,在实验中逐渐调节权值 W 使识别效果最好。如果 T 的值是0,说明当前区域与上一幅图像中目标区域的重心完全重合,并且该区域的面积与目标区域的面积完全相等,也就是说在相邻的这两幅图像中目标的位置和大小几乎没有任何变化。实际上,这种情况几乎不可能发生。在实际处理时,系统计算出当前图像中每个区域的函数值,从中选择函数值最小的一个,并认为这个值对应的区域就是图像中的目标。如果高炮对目标跟踪的比较好,那么飞机就会一直位于摄像装置的视野中,在这时开始采集,就可以得到一组图像。在这一组图像中,每幅图像中都肯定包含目标区域。笔者对这样的几组图像所做的实验表明,如果权值 W 的大小选择的比较合适,则在每幅图像中都能正确识别出目标,误判率基本为0。但是,并不是所有待处理的图像都是这样理想。有时候,飞机可能会暂时飞出摄像装置的视野,在这种情况下采集的一组图像中,有一些图像中并不包含目标区域。如果只是使用分类依据函数这一个分类依据,就会出现误判。因为系统会选择函数值最小的一个区域当作是目标,而这时的图像中根本就没有目标,因此就出现了分类错误。所以说,在系统中不能只是使用这一个函数作为分类依据^[11,12]。

为了在系统中减少分类错误发生的可能性,设计了一个布尔函数,当该函数的值为0时,就认为是发生了分类错误,然后再做相应的处理。在相邻两幅图像中,目标区域的面积不可能发生太大变化,因此可以把该函数设计成如式(11)所示的形式:

$$p(A_0, A_1, nTh) = (A_0/A_1 > nTh) \text{ or } (A_1/A_0 > nTh) \quad (11)$$

把这个布尔函数称为限制函数,其中, A_0, A_1 分别是当前区域和上幅图像中目标区域的面积。 nTh 是一个阈值,这个阈值的选取要根据经验和实验效果确定。如果函数值为0,说明在当前图像中识别出来的目标区域与上一幅图像中的目标区域面积相差太大,很有可能是识别错误。当高炮系统不能很好地跟踪目标时,飞机有可能飞离摄像装置的视野。在这种状态下开始采集得到的一组图像中,有一些图像中不包含目标。笔者对这样的几组样本做了实验。如果不使用限制函数,当飞机飞出摄像装置的视野时,系统会选择分类依据函数值最小的那个区域作为目标区域,这时就出现了分类错误。当使用限制函数时,如果目标飞离摄像装置的视野,系统会报告目标丢失,减少了分类错

误的发生。

2.3 识别算法

给定一组图像,并且对这些图像都已经做过滤波和分割等预处理,则识别算法的工作过程如下:

(1)在第一幅图像中指定目标区域,并计算目标区域的面积 A_1 和重心 (x_1, y_1) ,并令 $i = 1$;

(2)如果第 $i + 1$ 幅图像不存在,处理过程结束。否则,在第 $i + 1$ 幅图像中,计算每个区域的面积 A_0 、重心 (x_0, y_0) 、分类依据函数 T 的值和限制函数 p 的值;

(3)在所有的 T 值中,选择最小的一个 T_{\min} ;

(4)如果 T_{\min} 所对应的 p 值不为 0,就认为它是目标区域,令 $A_1 = A_0$, $x_1 = x_0$, $y_1 = y_0$,令 $i = i + 1$,回到步骤 2;

(5)如果 T_{\min} 所对应的 p 值为 0,识别过程中断,并报告在当前图像中不能找到目标区域。

识别过程中断后需要人来协助系统完成中断处理,中断处理过程如下:

1)把下一幅图像作为当前图像;

2)如果当前图像中不含有目标区域,回中断处理过程步骤 1;

3)如果当前图像中包含目标区域,则在当前图像中指定目标区域,重新开始上述识别算法步骤 1。

3 结束语

笔者使用 VC++6.0 实现了该算法。在确定了分类依据以及可以减少分类错误的限制条件后,笔者对采集的几组航路数据做了实验。图 2 是取自某航次的一个序列图像中的 6 帧图像,图像的分辨率为 512×512 。其中的目标区域是飞机形成的区域。可以看到,在图中,除了飞机对应的目标区域还有空中的云所形成的区域。此序列中令 $nTH = 1.15$ 和 $W = 0.2$,当飞机部分飞出摄像机视野时(如图 2 中 d、e 所示的情况),跟踪过程仍然不会中断。

表 1 跟踪结果数据

图像	目标面积	目标重心
a	933	(346,263)
b	927	(405,262)
c	895	(463,264)
d	786	(481,261)
e	830	(471,263)
f	905	(448,266)

表 1 是使用本算法跟踪识别飞机区域所得到的数据。实验结果表明,文中所设计的算法可以正确地跟踪图像序列中的目标区域。使用这种方法跟踪图像中的目标是可行的。

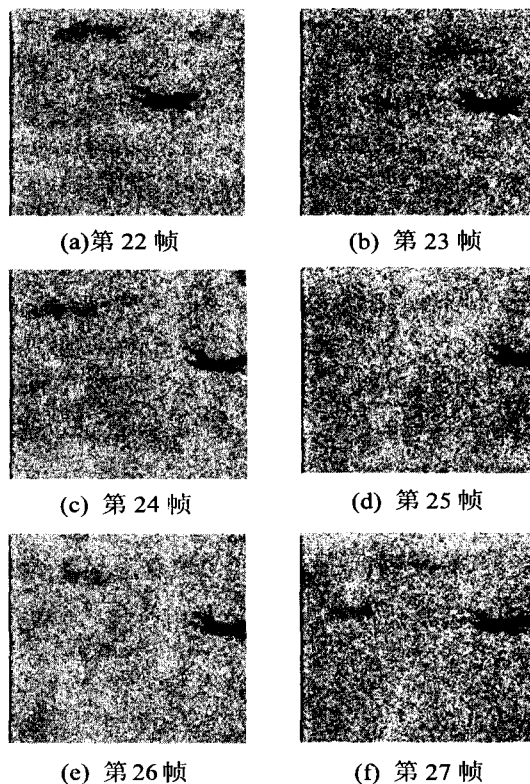


图 2 一个序列中的图像

参考文献:

- [1] 谷口庆治. 数字图像处理[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [2] 隋连升, 李兵, 蒋庄德. 基于 NURBS 曲线插值的激光光刀图像中心提取方法的研究[J]. 中国激光, 2003, 30(10): 933-938.
- [3] Gilbert A L. A real-time video tracking system[J]. IEEE Trans on PAMI, 1980, 2(1): 47-56.
- [4] Daniilidis K. Real-time tracking of moving objects with an active camera[J]. Real-Time Imaging, 1998, 4: 3-20.
- [5] Bolstein S D, Huang T S. Detecting small, moving objects in image sequences using sequential hypothesis testing[J]. IEEE Trans. on SP - 39, 1991(7): 1611-1629.
- [6] 张根耀, 李竹林. 基于 2-D 图像序列的飞行目标跟踪算法[J]. 计算机工程与应用, 2004(5): 93-94.
- [7] 黄新生, 杨庆伟. 图像序列运动估计技术综述[J]. 计算机仿真, 2008(5): 180-183.
- [8] 孙晓云, 王书朋, 郑棋. 参数轮廓模型的目标跟踪[J]. 西安科技大学学报, 2010(1): 123-126.
- [9] 蔺海峰, 马宇峰, 宋涛. 基于 SIFT 特征目标跟踪算法研究[J]. 自动化学报, 2010(8): 1204-1208.
- [10] 代凯乾, 刘肖琳. 基于图像序列的人体跟踪[J]. 计算机仿真, 2007(7): 202-204.
- [11] 沈学东, 曾宪文. 一种图像序列的运动目标检测方法[J]. 计算机应用与软件, 2008(1): 218-219.
- [12] 涂建平, 彭应宁. 飞机目标红外图像序列双阈值分割方法[J]. 兵工学报, 2004(1): 37-40.