

图像序列中目标关键帧快速搜索算法

柴饶军^{1,2} 马彩文²

(1 中国科学院研究生院,北京 100039)

(2 中国科学院西安光学精密机械研究所,西安 710068)

摘要 在目标测量时所获得的图像序列中,如何定位目标关键帧(最有利于目标测量的图像)的位置,对目标识别的效率和测量设备的性能有着显著的影响. 针对具有复杂特性的目标图像序列,提出了一种基于帧间像素灰度差值来定位目标关键帧的快速搜索算法. 该算法仅仅利用像素灰度值这一最基本的特征,将图像序列中相邻两张图像的同一像素的灰度差值与给定阈值相比较,统计高于阈值的像素个数,再与另一给定阈值相比较,进而确定目标关键帧的位置. 实验结果表明,该算法对目标大小不同、形状不同,环境不同,信噪比较高的图像序列都具有快速、稳定的搜索效果.

关键词 目标识别;目标关键帧;像素灰度差值;阈值

中图分类号 TN911.73 **文献标识码** A

0 引言

在图像处理、目标识别、目标定位等领域,经常需要对雷达、红外相机、电视经纬仪、高速摄像机等观测设备所拍摄的图像序列进行期望目标的识别与分析. 随着测量准确度要求的提高,目标图像采集速率也在逐渐增加,于是产生了大量的图像序列,如何定位最有利于测量的目标图像,称之为目标关键帧,将直接影响目标图像识别与分析的效率和观测设备的性能. 目前大部分的方法都采用预先估计目标的出现时刻,在可能的时间段内的图像序列中搜索目标关键帧,或者在图像记录或回放过程中人工选择目标关键帧,这些方法资源占用率高,不确定性大,自动化程度低,难以满足测量设备智能化发展的要求. 虽然,也有研究人员提出了多种在图像中识别定位期望目标的算法,例如文献[1]中所述的方法,但这些算法通常局限在某一幅特定图像中的目标识别问题,而非图像序列中目标关键帧的搜索算法. 本文针对具有复杂特性的目标图像序列,提出了一种基于帧间像素灰度差值的简单、快速、有效的目标关键帧快速搜索算法,并探讨了该算法的实用性和适用性.

1 目标与图像序列特性分析

对在陆地上成像多以亮点、火团、烟尘等形式出现的目标,若在海岸滩涂时,因水域的出现,目标将以亮点、火团、水柱(水幕)的形式为主. 然而,当多个目标连续以某一间隔落入预定区域,目标特性将发生显著的变化,有些呈现出比较明显的亮点或者火团,有些因为水柱或水幕的存在而发生相互粘连

或遮挡,不妨定义为A类目标和B类目标,其特性如图1所示.

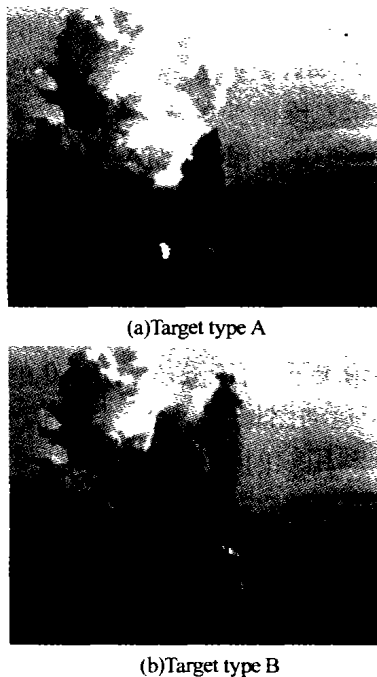


图1 海边试验图像
Fig. 1 Experiment images by seaside

A类目标散布比较离散、特性相对显著、落点位置易于获得,是测量中首先关心的最具价值的对象. B类目标因为被水柱或水幕遮挡,特性难以直接获得,本文先不予研究.

在实际测量中,拍摄时间选择在海水涨潮期,天气晴朗或多云,微风. 多个目标以1s左右的间隔先后进入视场,末段速率大于300 m/s, CCD相机以60帧/秒的速率实时记录,经图像采集卡采集后生成640×480分辨率的像素灰度等级为256的图像. 对每一个A类目标,其入水瞬间被捕获的图像帧数一般小于3帧,而且在A类目标出现的前后,相邻的前后几帧图像发生了显著的变化. 此外,目标关

键帧在图像序列中所占比例很低,如何在所获得的大量图像序列中搜索并定位目标关键帧,是进行后续的目标识别与分析的前提.

2 目标关键帧搜索算法

2.1 算法原理

对于图像中的目标物体来说,像素的灰度是其最基本的特征,不同的物体之间的灰度分布是有差别的,每一个物体的灰度分布都有其自身的特点和规律. 对一个简单的物体,其灰度分布具有一致性,即大部分像素的灰度都在一个特定的范围之内. 图像中目标物体以外的背景像素灰度一般不在这个范围之内. 显而易见, A 类目标占有一定数目的像素,其灰度与背景灰度存在着显著的差别. 而对相邻的两帧图像,在帧周期内,背景变化不大,前一帧可以看作是后一帧的背景,图像的帧间差值信号表明图像局部有无变化及变化的大小^[2].

一个成像系统所获得的图像序列可以表示为

$$I(x, y, jT) = s(x, y, jT) + n(x, y, jT) \quad (1)$$

式中 x, y 表示二维图像的像素标号, $j = 1, 2, 3, \dots$, 表示图像序列中图像的帧序号, T 表示帧周期. $S(x, y, jT)$ 表示第 j 帧图像 (x, y) 点处的信号, $n(x, y, jT)$ 表示该点处的噪声.

帧间差值信号 FD 可以表示为

$$FD = I(x, y, jT) - I[x, y, (j-1)T] \quad (2)$$

在理想情况下,对于噪声 $n(\cdot) = 0$ 的静止图像, $FD = 0$; 对于运动图像, $FD \neq 0$. 只要信噪比(SNR)大于 33 dB,利用帧间差值信号可以对运动目标的图像做出精确描述^[3]. 对于 $M \times N$ 分辨率的像素灰度等级为 256 的图像,帧间差值信号可以转化为帧间像素灰度差值(GD)

$$GD = G(x, y, jT) - G[x, y, (j-1)T] \quad (3)$$

式中 $G(x, y, jT)$ 表示图像序列中第 j 帧图像 (x, y) 点处的灰度值, $0 \leq G(x, y, jT) \leq 255$, $0 \leq x \leq M-1$, $0 \leq y \leq N-1$.

若 $GD \geq Th_1$, Th_1 为一给定阈值,则认为相邻的前后两帧图像中 (x, y) 点处的像素灰度发生了显著的变化,可能是因为 A 类目标出现,也可能因为噪声干扰或背景变化. 因目标入水前后的时间极其短暂,约 50 ms,背景变化与噪声干扰对每个目标而言可以忽略不计,经实验对比,证明了这个假设的合理性和可行性. 然后统计第 j 帧图像中 $GD \geq Th_1$ 的像素个数 GN ,若 $GN \geq Th_2$, Th_2 为另一给定阈值,则认为 A 类目标出现,相应的第 j 帧图像即为目标关键帧.

2.2 算法实现步骤

依据上述原理,该算法的实现步骤如下:

- 1) 定义阈值 Th_1 和阈值 Th_2 ;
- 2) 选定待搜索的图像序列的起、止位置, j 指向起始位置;
- 3) 先初始化 $GN = 0$, 然后从上到下,从左到右扫描当前图像的像素,计算每一 (x, y) 点处的帧间像素灰度差值,判断 $GD \geq Th_1$, 若成立, GN 加 1, 否则, 不变;
- 4) 判断 $GN \geq Th_2$, 若成立, 返回目标关键帧所在的位置 j , j 加 1, 继续步骤(3). 否则, 不返回当前帧所在的位置, j 加 1, 继续步骤(3);
- 5) 如果搜索完所有图像, $GD \geq Th_1$ 或 $GN \geq Th_2$ 始终不满足, 则报告“无目标关键帧”;
- 6) 在搜索到的所有关键帧中, 人工选择最佳的目标关键帧: 最终搜索到的每个 A 类目标的目标关键帧可能不止一个, 选择那些亮点或火团刚刚形成的前一帧或后一帧图像作为目标识别和分析的最佳关键帧, 其个数理论上应与 A 类目标个数基本吻合.

2.3 阈值的选择

在算法实现中, 阈值的选择非常重要, 对算法的性能影响很大^[4]. 阈值 Th_1 和阈值 Th_2 大小的选择对目标关键帧定位的可靠性与有效性存在着一个相互制约的关系, 如果选择不当, 可能发生以下四种出错情况:

- 1) Th_1 偏大, Th_2 偏大: 目标关键帧小于目标个数或无目标关键帧;
- 2) Th_1 偏大, Th_2 偏小: 目标关键帧明显小于目标个数, 造成漏判;
- 3) Th_1 偏小, Th_2 偏小: 目标关键帧显著大于目标个数, 造成误判;
- 4) Th_1 偏小, Th_2 偏大: 可能漏判, 也可能误判.

因此, 在选择阈值时, 要对 Th_1 和 Th_2 进行优化选择. 阈值 Th_1 的选择以保证目标像素被尽可能的找到, 又使背景像素被排除在外为准则. 阈值 Th_2 的选择以保证目标关键帧被较准确的定位, 而又不会带来漏判或误判为准则. 在实际应用中, 可以背景灰度平均值或加权值作为 Th_1 的初值, 以 A 类目标的平均像素数或加权数作为 Th_2 的初值^[5], 然后对 Th_1 和 Th_2 进行增减, 比较目标关键帧的搜索效果, 确定较理想的阈值.

3 实验结果与结论

本算法采用 Microsoft Visual C++ 6.0 高级编程语言实现, 选择阈值 $Th_1 = 80$, 阈值 $Th_2 = 40$, 针对目标在不同时段、不同环境下的实测图像序列, 在不同平台的不同负载状态下进行了反复实验, 得到如下数据.

表 1 目标关键帧搜索算法实验结果

平台	图像序列	关键帧数目	最佳关键帧数目	A 类目标个数	平均搜索时间/ms
兼容微机 ⁺	I	18	7	7	26.85
兼容微机 ⁺	II	4	3	3	19.58
Dell 图形工作站 [*]	I	18	7	7	8.87
Dell 图形工作站 [*]	II	4	3	3	8.83

Dell 图形工作站^{*} 主要配置: Intel 2.4 GHz Xeon CPU, 1.0GB DDR266 SDRAM, ULTRA320 SCSI 硬盘: 10,000 rpm

兼容微机⁺ 主要配置: Intel 1.7 GHz P4 CPU, 512MB DDR266 SDRAM, ATA100 硬盘: 7,200rpm

图像序列 I: 海边试验图像, 序列长度为 2095 帧

图像序列 II: 陆地试验图像, 序列长度为 383 帧

平均搜索时间 = 搜索总时间 / 序列长度, 单位: ms, 取多次 (≥ 20 次) 实验的算术平均值

由上述实验数据可以看出, 该算法充分利用了像素灰度值这一最基本的特征, 将复杂问题简单化, 对 A 类目标关键帧的搜索与定位是快速、有效而又稳定的. 即使当目标大小、形状和所在环境发生了显著的变化, 其表现依然优秀.

同时, 该算法具有较强的实用性和适用性. 对具有明显亮点或火团的目标, 根据目标特性, 选择适当的阈值 Th_1 和阈值 Th_2 , 该算法同样具有良好的效果. 反之, 如果是具有一定面积的暗目标在亮背景的情况下, 如果选择阈值 Th_1 为负或者 GD 取绝对值, 该算法亦提供了一种可能的目标搜索算法思路. 另外, 目标通常出现在图像区域内灰度与背景有差别的小区域内^[6], 如果将帧间像素灰度差值 (GD) 计算的范围由整幅图像收缩到一定的小区域

内, 该算法的快速性还能够得到进一步的提升.

综上所述, 此算法不失为一种简单、快速、有效、稳定的目标关键帧搜索算法.

参考文献

- 1 刘新海, 方康玲. 一种基于灰度特征的快速识别定位算法. 三峡大学学报(自然科学版), 2002, 24(2): 131 ~ 133
Liu H X, Fang K L. *J of China Three Gorges Univ. (Natural Sciences)*, 2002, 24(2): 131 ~ 133
- 2 苏秀琴, 王飞, 刘文. 一种提高 CCD 目标测量数据处理速度的新方法. 光子学报, 2001, 30(7): 864 ~ 867
Su X Q, Wang F, Liu W. *Acta Photonica Sinica*, 2001, 30(7): 864 ~ 867
- 3 谈新权, 余道铭, 李伯岳. 低信噪比图象中运动目标的实时检测. 光电工程, 1999, 26(2): 40 ~ 43
Tan X Q, Yu D M, Li B Y. *Opto-Electronic Engineering*, 1999, 26(2): 40 ~ 43
- 4 熊国清, 于起峰. 用于实时跟踪的快速匹配算法. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(1): 41 ~ 43
Xiong G Q, Yu Q F. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 2002, 14(1): 41 ~ 43
- 5 王勤, 黄丽清, 王永昌. 利用散斑照相检测微小位移的实时方法. 光子学报, 2003, 32(8): 1010 ~ 1012
Wang Q, Huang L Q, Wang Y C. *Acta Photonica Sinica*, 2003, 32(8): 1010 ~ 1012
- 6 侯格贤, 唐明, 马颂德. 图象中目标的快速搜索算法. 中国图象图形学报, 2001, 6(A): 760 ~ 764
Hou G X, Tang M, Ma S D. *Journal of Image and Graphics*, 2001, 6(A): 760 ~ 764

A Fast Search Algorithm for Target Key Frames in Image Sequence

Chai Raojun^{1,2}, Ma Caiwen²

¹ Graduate School of CAS (The Chinese Academy of Sciences), Beijing 100039

² Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics of CAS, Xi'an 710068

Received date: 2003-09-10

Abstract In the image sequence, how to determine the key frames of moving targets that are most convenient to target detection is of much importance to both the effectiveness of target identification and the performance of measuring equipments. According to the image sequence of complex targets, a new fast search algorithm has been proposed based on the pixel gray difference of contiguous frames. After diverse experiments on various platforms under different circumstances, it's showed that this search algorithm for target key frames in image sequence is simple, fast, stable and compatible for target identification application.

Keywords Target identification; Target key frames; Pixel gray difference; Threshold value



Chai Raojun born in 1979 and graduated from Xidian University in 2001 with his Bachelor of engineering in mechano-electronics. Then he became a graduate student of Graduate School of the Chinese Academy of Sciences in Communication & Information System. Now his research jobs are image processing, target identification and wireless communication at Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics of CAS.