

应用于视频判读的图像阈值分割方法研究

An Study of Thresholding Methods for Image Segmentation in Video Interpretation

(兰州理工大学)徐志刚 朱红蕾 张秋余 谢鹏寿

Xu,Zhigang Zhu,Honglei Zhang,Qiuyu Xie,Pengshou

摘要:本文说明了视频判读的基本工作原理,分析了在判读过程中应用到的几种阈值分割方法的原理、性能和对判读的影响,并提出了一种实用的阈值分割方法,结合实际应用对提出的方法进行了比较验证,说明了方法的有效性。

关键词:视频判读;阈值分割;数学形态学

中图分类号:TP391.41 文献标识码:A

文章编号:1008-0570(2005)12-3-0158-03

Abstract: A kind of practical thresholding method for image segmentation is introduced in this paper. At the same time, the essential of video interpretation is presented as well. The principle, performance and impact of the Thresholding Methods for Image Segmentation that are applied to video interpretation are analyzed. Finally, the processing results of methods are compared and verified.

Keywords: video interpretation, thresholding, Mathematical morphology

前言

光学测量是我国靶场主要的外部测量手段之一。而视频图像记录判读系统是靶场光测系统的重要组成部分。视频判读,是指利用光学测量等手段,在对飞行器运动目标进行实时跟踪,并对跟踪过程中的目标图像、测角和时间等信息进行记录的基础上,获取目标的脱靶量、漂移量等参数的过程。视频判读可分为自动判读和半自动判读。自动判读,是通过初始几帧的人工引导,然后通过计算机来自主完成后继各帧图像中目标参数的获取。而半自动判读则是通过人工使用鼠标控制显示器上的十字丝(游标)对每帧图像中被判目标的边缘进行精确瞄准,再由计算机自动进行坐标测量和转换,获得目标的脱靶量数据。在对目标进行实时测量时,限于条件,测量的精度和可靠性通常不高。采取事后数据判读处理方式,却可以使用一些比较复杂的算法,获得更好的测量结果。因此研究视频判读中所应用的各种方法以提高视频判读的效率 and 判读精度有重要意义。

为了获取更准确的目标脱靶量、漂移量等参数,在视频判读过程中,需要对序列图像进行一系列的处理,如图1所示。其中对序列图像进行二值化操作是

徐志刚:助教

基金项目:国家863计划课题(编号:2003AA4Z1070);兰州理工大学科研资助项目(编号:SB20200404)

必要的。图像二值化效果的不同直接影响到了后继的目标特征选择与提取。为了得到较理想的二值图像,一般采用阈值分割技术来进行处理。阈值分割方法根据选取分割阈值数目的不同可分为全局阈值法和自适应阈值分割法。本文主要就是对视频判读中所应用到的阈值分割方法进行比较分析,并提出了一种实用的阈值分割方法。通过在视频判读中的应用,验证了方法的有效性。

1 全局阈值分割法

全局阈值分割方法是指采用固定的阈值对整帧图像进行分割。经典的阈值选取以灰度直方图为处理对象。以图像的直方图为研究对象的方法有最优阈值分割法、迭代阈值分割法、一维最大熵分割法等。另外还有二维最大熵分割法、类间方差阈值分割法、模糊阈值分割法、区域生长法、共生矩阵分割法等。

在视频判读中,考虑到分割算法的空间复杂度和时间复杂度,以及算法的鲁棒性,通常采用以下两种方法:

1.1 最优阈值分割法

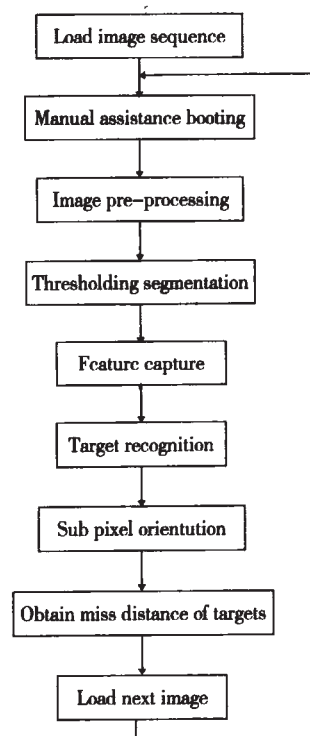


图1 视频判读流程

在背景比较简单,目标较清晰的视频序列图像中,目标主体和背景分别处于不同的灰度级,设图像被高斯噪声污染,则图像的灰度分布曲线可以近似认为是由两个正态分布函数 (u_1, σ_1^2) 和 (u_2, σ_2^2) 叠加而成,因此图像的直方图将会出现两个分离的峰值。对于这样的图像,可以选择直方图的两个波峰间的波谷所对应的灰度值作为分割的阈值。在自动判读过程中,先计算每一帧图像的直方图,然后由计算机依照直方图获得本帧图像的阈值后再进行分割。最优阈值分割法实现简单,但这种分割方法不可避免的会出现误分割,使一部分本属于背景的像元被判决为物体,属于物体的一部分像元被误判为背景。可以证明,当物体的尺寸和背景相等时,这样选择阈值可以使误分概率达到最小。在大多数情况下,由于图像的直方图在波谷附近的像元很稀疏,因此这种方法对图像的分割影响不大。对于最优阈值分割法来说,可以对它进行改进。

迭代阈值分割法就是对最优阈值分割法的改进。它首先利用图像直方图选择一个近似阈值 T , 将图像分割成两部分 R_1 和 R_2 , 然后计算区域 R_1 和 R_2 的均值 u_1 和 u_2 , 再选择新的分割阈值 $T=(u_1+u_2)/2$, 重复上述步骤直到 u_1 和 u_2 不再变化为止。

在实际的判读处理中,在利用最优阈值法(迭代阈值分割法)对图像进行分割时,先要对图像序列进行滤波去噪和增强处理,突出目标与背景间的差别,同时对生成的直方图进行判别处理,去除直方图中的虚假峰点和谷点。

1.2 二维最大熵阈值分割方法

在视频序列图像受噪声干扰较大,目标成像效果较差时,利用二维最大熵阈值分割法可以较好地实现图像的阈值分割。二维最大熵阈值分割方法实现时首先以原始灰度图像中各个像元的每一个像元及其四邻域的四个像元构成一个区域,该像元点的灰度值和其四邻域的均值可以构成一个二维向量 (i, j) , 统计 (i, j) 的发生概率 $p_{i,j}$, 设图像的灰度级总数为 L , 那么 $p_{i,j}$ ($i, j = 0, 1, \dots, L-1$) 就构成了该图像关于点灰度-区域均值的二维直方图。对于视频图像序列中给定的图像来说,由于大部份的像元点属于目标区域或背景,而目标和背景区域内部像元点的灰度级比较均匀,像元点的灰度和其邻域均值的灰度级相差不大,所以图像对应的二维直方图 $p_{i,j}$ 主要集中在 i, j 平面的对角线附近,并且在总体上呈现双峰和一谷的状态,两个峰分别对应于目标和背景,在此分别用 R_0 区和 R_B 区来表示。二维最大熵阈值分割方法由于利用点灰度-区域灰度平均值二维最大熵来确定阈值,从而使分割的目标和背景的信息量最大。

假设以 (s, t) 分割图像,则目标物体 R_0 区和背景 R_B 区的分布概率为:

$$p_{R_0} = \sum_i \sum_j p_{i,j} \quad i=0,1,\dots,s \quad j=0,1,\dots,t$$

$$p_{R_B} = \sum_i \sum_j p_{i,j} \quad i=s+1,s+2,\dots,L-1 \quad j=t+1,t+2,\dots,L-1$$

R_0 区、 R_B 区的二维熵分别为:

$$H_{R_0} = -\sum_i \sum_j (p_{i,j}/p_{R_0}) \lg(p_{i,j}/p_{R_0}) \quad i=0,1,\dots,s \quad j=0,1,\dots,t$$

$$H_{R_B} = -\sum_i \sum_j (p_{i,j}/p_{R_B}) \lg(p_{i,j}/p_{R_B})$$

$$i=s+1,s+2,\dots,L-1 \quad j=t+1,t+2,\dots,L-1$$

对于图像的二维直方图的每一个 (s, t) 分别计算取 $E=H_{R_0}+H_{R_B}$, 选取使 E 最大的 (s, t) 作为分割图像的阈值。

二维最大熵阈值分割方法综合利用了图像的像元点的灰度和区域灰度均值这两个基本特征,从而使阈值分割达到一个较好的效果。

二维最大熵阈值分割方法由于要进行对数计算,其运算的空间复杂度和时间复杂度都较大,因此在自动判读过程中通常不应用。只有在半自动判读的过程中,对于视频序列图像中某些需要单独提取出来再重新判读的帧,可以利用二维最大熵法对图像进行分割处理。

2 自适应阈值分割法

当需要对照明不均匀、有突发噪声干扰或者背景灰度变化比较大的视频序列图像中的运动目标进行判读时,由于图像直方图可能呈多峰状态,整帧图像分割将没有合适的单一门限,利用单一的阈值进行分割不能兼顾图像各个像元的实际情况。这时,可将图像划分成若干块较小的图像,并对每个子图像选取相应的阈值进行分割,这种阈值分割方法就叫做自适应阈值分割法,也叫做局部阈值分割法。

设将图像分为 N 块,每一块中的像元数为 M_k , 则对每一块图像,分别利用它们的均值来获得本图像块的阈值 T_r 。

$$T_r = \frac{\sum_{i=0}^{M_k-1} P_i}{M_k} \quad r=k=0,1,2,\dots,N-1$$

式中 P_i 为该图像块中某一点的像元灰度值。

对于分块后的每一个图像子块,也可以采用直方图分析的方法来确定分割阈值。在确定阈值时,先检测每个子图的直方图是否呈双峰,若有则利用上面介绍过的最优阈值法确定一个阈值,若没有则不作处理。然后根据对直方图为双峰的子图像得到的阈值进行插值来得到所有子图像的阈值。需要注意的是,利用自适应阈值法做阈值分割后,相邻子图像之间的边界处可能产生灰度级的不连续性。对此,可以采用区域合并的方法来进行修正。

自适应阈值法的时间复杂度和空间复杂度都较大,但它的抗噪声能力比较强,对采用全局阈值不易分割的图像有较好的效果。因此,在实际的判读处理

中,自适应阈值分割一般用于半自动判读中,但也可用于自动判读中对部分帧的处理。

3 实用的结合数学形态学的阈值分割方法

视频判读中,所记录的目标情况比较复杂,既有目标背景干扰少,图像较清晰的情况,也有目标背景较复杂,图像受噪声干扰较大的情况。这给自动判读过程中选择合适的方法带来了困难。

针对上述问题,采用了一种改进的自动判读方法:首先,在对图像过去噪和增强处理后,利用图像直方图进行判别。若直方图呈双峰状态则利用最优阈值法(迭代阈值分割法),否则就利用自适应阈值法对图像进行分割。分割后的二值图像里面可能仍存在噪声,不是理想的图像。这些噪声可能是目标边缘的小突起或毛刺,也可能是目标与背景之间的搭接。对于这种情况,再运用数学形态学图像处理方法,可以较好地实现清晰边界的提取。

数学形态学常用的四种基本运算是腐蚀(收缩边界)、膨胀(扩张边界)、开运算(平滑边界,切断细长连接,消除孤立毛刺)和闭运算(平滑边界,连接短的间断,填充小孔)。二值形态学中的运算对象是集合A(图像集合)和集合B(结构元素)。为滤除噪声,选择合适的结构元素尺寸,先用开运算去掉小突起和颗粒,再用闭运算把里面的小孔填满,即

$$(A \circ B) \bullet B$$

从而得到一幅基本滤除了噪声的图像。然后,可以利用合适的(如3×3)原点在中心的结构元素进行如下的运算:

$$\beta(A) = A - (A \circ B)$$

来提取到较好的目标边界。

其次,对经过上述处理的二值化图像,用人工方式圈定目标,然后采用质心跟踪或相关跟踪等跟踪方法在波门圈定的范围内搜索目标的位置。经过最初几帧的搜索后,利用智能外推算法预测出下一帧图像中目标的大概位置,同时自动修正跟踪区域,缩小跟踪波门,完成目标的跟踪与测量,获得目标的脱靶量,实现自动判读。

实践证明,在自动判读中采用的结合数学形态学的阈值分割方法有效地降低背景和噪声对目标判读的干扰。与传统的半自动判读方法相比较,大幅度提高了判读效率和可靠性。

4 实验分析

下面是一次实验中拍摄的视频序列图像中的一帧,图像受到随机噪声的污染。图4-8分别是利用文中提到的不同方法对该帧图像进行了处理。由于图像直方图呈双峰状态,利用最优化阈值分割不可避免的

使部分属于目标的部分被当作背景。利用迭代阈值分割法和本文提出的方法,可以较好的实现图像分割。而利用本文提出的方法可以在清晰提取目标的情况下最大限度地排除背景的干扰,达到清晰分割的目的。但也必须注意到,在处理的过程中,本文提出的方法并没有把保持目标边缘的因素考虑进去。因此今后研究的方向就是在处理的过程中加入保持目标边缘的成分,以保证判读达到更高的精度。

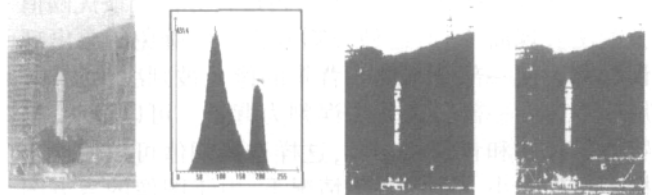


图2 序列图像中的一帧 图3 该帧的直方图 图4 最优化阈值分割 图5 迭代阈值分割

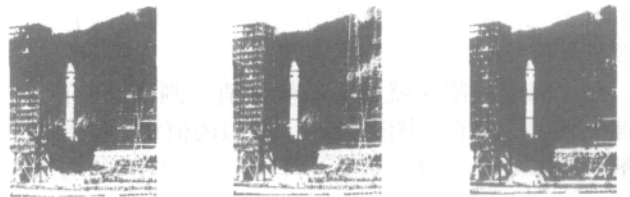


图6 自适应阈值分割 图7 二维最大熵阈值分割 图8 利用本文方法

参考文献

- [1]Kapur, J.N., Sahoo, P.K., Wong, A.K.C. A new method for gray level picture thresholding using the entropy of the histogram. *Computer Vision, Graphics and Image Processing* 29, 1985, 273- 285
- [2]J. Kittler and J. Illingworth. Minimum Error Thresholding. *Pattern Recognition*, 1986, Vol. 19, 41- 47
- [3]N. Otsu. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histogram. *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics*. 1979, Vol. 9, 62- 66
- [4]Abutaleb A S. Automatic Thresholding of Gray-Level Pictures Using Two-Dimensional Entropy. *Computer Vision Graphics and Image Processing*, 1989, 47, 22- 32
- [5]E. David Jansing, Thomas A. Albert, Darrel L. Chenoweth. Two-dimensional entropic segmentation. *Pattern Recognition Letters* 20, 1999, 329- 336
- [6]戴启华;高西全;韩学义等, 话路时间校对和认证系统的安全策略研究[J], *微计算机信息*, 2005, 2: 200- 201
- [7]王萍, 苏秀琴, 刘雅轩. 基于区域合并的动态阈值分割算法, *光子学报*, 2004

作者简介:徐志刚:生于1977年,甘肃人,硕士,兰州理工大学助教,主要研究方向是数字图像处理、动态目标跟踪与识别。Email: yangzj@ut.cn
(730050 兰州 兰州理工大学计算机与通信学院)
徐志刚 朱红蕾 张秋余 谢鹏寿
(School of Computer and Communication, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China)
Xu, Zhigang Zhu, Honglei Zhang, Qiuyu Xie, Pengshou

(投稿日期:2005.6.7) (修稿日期:2005.6.16)