

基于区域生长的前视红外图像分割方法

夏 晶, 孙继银

(第二炮兵工程学院, 陕西 西安 710025)

摘 要: 红外成像制导技术以其优越的性能成为当今精确制导技术发展的主流。红外图像的精确分割是实现目标识别的基础。针对地面目标前视红外图像的特点和成像制导技术中图像分割的目的, 提出了一种基于区域生长的前视红外图像分割算法, 它首先在全局阈值分割的基础上选择出种子点所在区域, 并在区域中定义局部灰度信息统计准则和策略选取出种子点; 然后以目标模板面积作为参考, 通过对分割效果的判断自动调整生长阈值进行区域生长以得到分割图像。实验结果表明, 本方法分割出的目标完整准确, 分割结果对基于边缘特征的目标匹配识别非常有利。

关键词: 图像分割; 区域生长; 前视红外; 种子点; 生长阈值

中图分类号: TP391

文献标识码: A

Forward-looking infrared image segmentation based on region growing

XIA Jing, SUN Ji-yin

(The Second Artillery Engineering Institute, Xi'an 710025, China)

Abstract: Infrared imaging guidance technology has been the main trend in the development of precision guidance technology today by reason of its predominant capability. Accurate infrared image segmentation is the basis for realizing target recognition. Aiming at the features of forward-looking infrared image and the purpose of image segmentation in imaging guidance technology, a novel segmentation algorithm based on region growing is proposed. Firstly the seed region is selected based on global threshold segmentation and partial gray scale statistics criterion and strategy is defined to choose the seeds in the region. Then regarding the area of target template as the reference, the growing threshold is adjusted automatically for region growing through the estimation of segmentation effect. Finally, the segmented image is obtained. Experimental results show that the target information gained by the proposed algorithm is complete and exact and the result greatly facilitates the target matching recognition based on edge feature.

Key words: image segmentation; region growing; forward-looking infrared; seed; growing threshold

1 引 言

红外成像制导是当今最精确的制导技术之一, 因其分辨率高、动态范围大、抗干扰能力强, 具有自主捕获目标, 在复杂情况下自动决策及比较好的昼夜工作能力^[1], 近年来在精确制导领域占据着越来越重要的位置。对于前视红外末制导来说, 目标处于复杂的地面背景之中, 不同目标与背景灰度差异

大小不一, 背景的干扰给目标匹配识别带来一定的困难。前视红外图像分割的目的是将目标和背景分离^[2]以提取目标有效的轮廓和边缘信息, 为后续的目标匹配识别提供依据。

作者简介: 夏 晶(1982-), 女, 博士研究生, 研究方向为红外图像处理及图像分割与目标识别。E-mail: xj4019@163.com

收稿日期: 2010-06-30; 修订日期: 2010-10-09

图像分割的方法很多,主要可以归结为基于边缘的分割方法和基于区域的分割方法。高大建筑在现代战争中是首要的打击目标。由于复杂背景边缘杂乱无章,高大建筑外形大,内部区域相对均匀,所以本文采用基于区域的分割方法。区域生长法是一种重要的图像分割方法^[3]。它的基本思想是以一组“种子”点开始将与种子性质相似的相邻像素附加到生长区域的每个种子上^[4]。该方法实现简单,但是对种子点的依赖性较强,如果选择不合适则无法生成所需要的目标区域。红外图像中目标温度比较高时通常选择图像中最亮的点作为种子点。但是,在典型地面目标前视红外图像中,部分地面背景的温度与目标相似,目标和背景存在灰度级交叉重叠;同时,该方法对生长阈值的选择十分敏感,人工选择一个合适并且通用的生长阈值比较困难^[5-6]。

针对以上问题,本文在充分考虑图像中全局和局部信息的基础上,提出一种新的种子点提取方法,先在全局阈值分割的基础上,以需要匹配的目标模板作为先验知识,利用形态学滤波选择出种子点所在区域,然后定义局部灰度信息统计策略以提取种子点;以目标模板面积作为参考,通过对分割效果的判断进行生长阈值的自适应调整从而完成对前视红外图像的分割。

2 种子点的选取

种子点即初始像素的选取直接影响分割的效果,一般情况下都选取图像中亮度最大的点作为种子点,但是前视红外图像中存在大量的复杂背景,目标和背景存在灰度级交叉重叠,当种子点落在这样的背景区域中时,区域生长的结果很可能是背景,因此所选的种子点应该在目标的大致区域内,避免落

在背景区域。为此,本文利用“先全局后局部”的思想提取种子点,整个提取流程如图1所示。

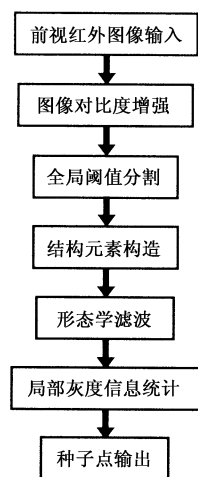


图1 种子点选取流程

2.1 基于全局信息的种子点区域提取

为了增强目标与背景的对比度,以便进行全局阈值分割时消除部分目标与背景的粘连,首先对前视红外图像进行对比度增强;对增强后的图像进行全局阈值分割得到粗分割图像,实现目标与背景的初步分离;构造与需要匹配的目标模板相似的结构元素,对粗分割图像进行形态学滤波得到种子点区域。处理结果如图2所示,图2(a)为前视红外实拍图像,图2(b)为对图像进行对比度增强后的结果,图2(c)为对增强后的图像进行全局阈值分割得到的结果,这里采用Otsu阈值分割。Otsu阈值分割是一种自适应阈值分割方法^[7],它是建立在一幅图像的灰度直方图基础上的,依据类间距离极大准则来确定区域分割门限。图2(d)为进行形态学滤波得到的结果,图2(e)为形态学滤波结果在原图中的位置,即种子点区域,这里用白色框表示。

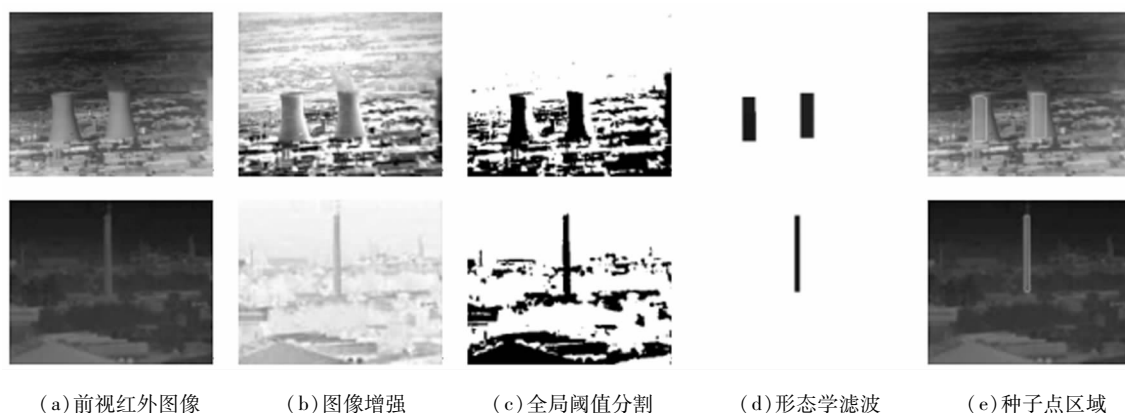


图2 种子点区域提取结果

2.2 基于局部信息的种子点选取

为了在种子点区域内选取合适的种子点进行区域生长,本文从两方面进行了考虑:一是内部点,在前视红外图像中,种子点区域内部灰度较均匀,当用区域灰度差作为生长准则时,通过区域内最接近灰度均值的点进行区域生长有利于得到目标的内部信息;二是边缘点,种子点区域的边缘点代表了靠近目标边缘的灰度特征,通过边缘点进行区域生长有利于得到目标的边缘信息。通过以上两部分的选取得到一组种子点,对每一个种子点进行区域生长,并合并所有生长结果以得到完整的目标信息。

对于种子点区域内部点定义如下选取准则:

定义 设种子点区域 D 大小为 $M \times N$, D 中任一点 (x, y) 处的灰度值记为 $I(x, y)$, 计算 D 的平均灰度:

$$I_{ave} = \frac{1}{MN} \sum_{(x,y) \in D} I(x, y) \quad (1)$$

计算 D 中任一点灰度值与 I_{ave} 的差值:

$$I_{dif}(x, y) = |I(x, y) - I_{ave}| \quad (2)$$

则选取 (x', y') 为种子点, 使得 $I_{dif}(x', y') = \min_{(x,y) \in D} I_{dif}(x, y)$ 。

对于种子点区域边缘点采用如下选取策略:对种子点区域进行边缘检测,即得到图像的局部极值点,对边缘检测的结果进行均匀采样,将采样得到的结果作为种子点。其中采样间隔 ε 是一个需要确定的参数, ε 过小,生长后的目标信息准确,但计算量大; ε 过大,计算量小,但生长后的目标信息不完整。这里通过实验对 ε 进行了分析。图3是对采样间隔 ε 和生长区域面积 s 的变化趋势统计图,从图中可以看出 $\varepsilon = 9$ 时,即使间隔选的再小,在相同生长阈值下,生长区域面积不变,所以选取采样间隔为 $\varepsilon = 9$ 。

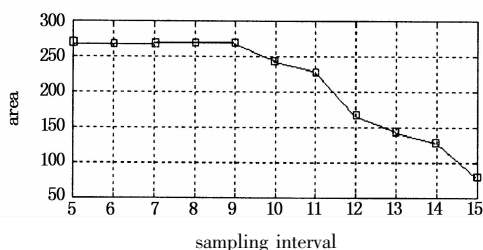


图3 采样间隔统计结果

3 生长阈值的确定

种子点选取以后,关键的是生长阈值的确定。在前视红外图像的获取过程中,外界因素会使图像灰度发生动态变化,同时不同目标图像的灰度分布

情况也不尽相同,因此很难选择一个合适并且通用的生长阈值。本文以目标模板作为参考,通过对分割效果的判断,在生长过程中建立一个生长阈值自适应调整的过程,即分别计算需要匹配的目标模板和已生长区域的面积,若已生长区域面积与目标模板面积比大于 u 时视为分割过度,则将区域生长阈值减少 ΔT ;若已生长区域面积与目标模板面积比小于 v 时视为分割不足,则将区域生长阈值增加 ΔT ,以此自动调整区域生长的阈值。

设 F 为待分割图像, T_0 为生长阈值, L 为已生长区域面积与目标模板面积之比, ΔT , u 和 v 均为参数,则各种子点的生长过程如下:

Step1: 利用第2节所述方法选取初始种子点 (x_b, y_b) , 已生长区域 R 的初始值为 $R = \{(x_b, y_b)\}$, 集合 A 是未生长完全点的集合, 初始值为 $A = \{(x_b, y_b)\}$ 。集合 B 为已生长完全点的集合, 初始值为 $B = \Phi$ 。

Step2: 判断 A 是否为空, 如果为空, 结束生长; 否则计算 L , 若 $L > u$ 则 $T_0 = T_0 - \Delta T$, 若 $L < v$ 则 $T_0 = T_0 + \Delta T$, 若 $u \leq L \leq v$ 则 $T_0 = T_0$; 从 A 中任取一像元 (x_0, y_0) , 转 Step3;

Step3: 记 $G = \{(x_0 - 1, y_0), (x_0 + 1, y_0), (x_0, y_0 - 1), (x_0, y_0 + 1), (x_0 - 1, y_0 - 1), (x_0 - 1, y_0 + 1), (x_0 + 1, y_0 - 1), (x_0 + 1, y_0 + 1)\}$, 按以下三个式子更新 R , A 和 B , 然后转 Step2。

$$R \leftarrow R \cup \{(x, y) \in G \mid |f(x, y) - f(x_0, y_0)| < T_0\}$$

$$A \leftarrow A \cup \{(x, y) \in G \mid |f(x, y) - f(x_0, y_0)| < T_0$$

$$\text{且 } (x, y) \notin B\} - \{(x_0, y_0)\}$$

$$B \leftarrow B \cup \{(x_0, y_0)\}$$

4 实验结果及分析

4.1 实验结果

4.1.1 分割结果对比

为验证本文提出算法的有效性, 选取大小为 320×256 的实拍前视红外图像在 Matlab R2007a 环境下进行实验。为了比较不同方法下的分割效果, 分别给出了不同方法下的分割结果, 如图4所示。图4(a)为本文方法的生长结果, 初始生长阈值为 0.02 , $\Delta T = 0.01$, $u = 1/3$, $v = 1/10$, 图4(b)为在种子点区域内随机选取种子点的生长结果, 图4(c)为采用固定生长阈值得到的生长结果, 图4(d)为FCM法得到的分割结果, 图4(e)为自适应阈值得到的分割结果。从图中可以看出本文方法得到的结果更接近于目标的真实情况。

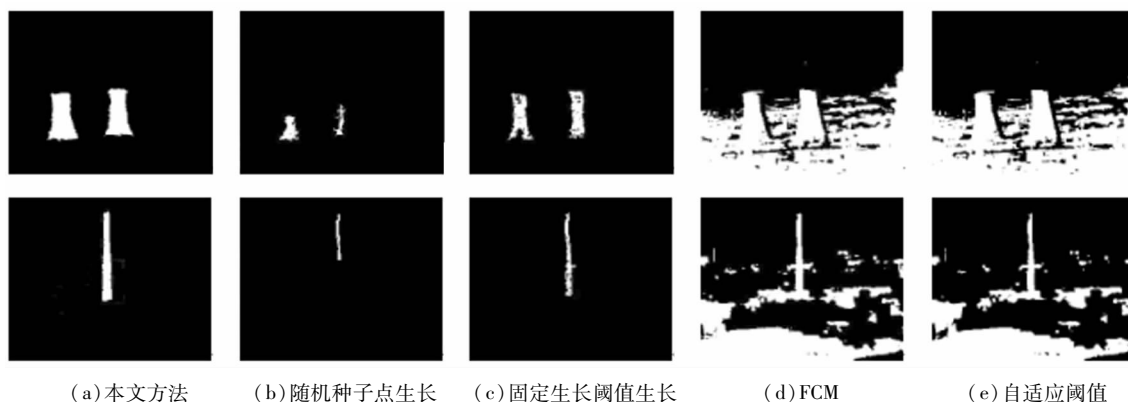


图4 不同分割方法结果对比

4.1.2 评价结果对比

为了衡量分割算法的有效性,本文从正确分割面积和错误分割面积两方面综合评价分割方法,定义评价准则如下:

交迭面积比:

$$E_{\text{cor}} = \frac{S_{P \cap Q}}{S_Q} \times 100\% \quad (3)$$

误分面积比:

$$E_{\text{err}} = \frac{S_E}{S} \times 100\% \quad (4)$$

其中, P 为经过算法自动分割得到的目标区域; Q 为人工手动分割得到的目标区域,即期望得到的目标区域; $S_{P \cap Q}$ 为自动提取区域与期望得到区域的相交区域的面积; S_E 为误分割面积,即相交区域以外的分割结果面积; S 为前视红外图像的总面积。显然 E_{cor} 越大说明经过算法自动分割得到的目标区域越接近目标的真实情况, E_{err} 越小说明错误分割的像素数越少,即 E_{cor} 越大越好, E_{err} 越小越好。表1列出了五种方法的 E_{cor} 和 E_{err} 结果值,从表中可以看出本文方法最优。

表1 评价结果

分割方法	目标1		目标2	
	$E_{\text{cor}}/\%$	$E_{\text{err}}/\%$	$E_{\text{cor}}/\%$	$E_{\text{err}}/\%$
本文方法	98.4	0	99.3	0
随机种子点	13.6	0	12.8	0
固定生长阈值	75.9	0	33.5	0
FCM	96.1	36.2	87.2	31.5
自适应阈值	95.7	35.8	85.5	30.2

4.2 实验结果分析

从结果对比图可以看出,由于随机选择的种子点无法代表目标内部及边缘的灰度特征,所以在种子点区域内随机选择种子点进行区域生长仅生成一

小部分目标区域;而采用传统区域生长法中的固定生长阈值进行生长,固定的生长阈值限制了区域生长的范围,导致结果也不是完整的目标区域;相比之下,FCM法和自适应阈值法将目标有效分割出来,但由于地面背景杂乱无章,部分背景与目标存在灰度级交叉,所以在分割出目标的同时也将许多背景错分为目标,使目标淹没在背景中;而本文方法在考虑到图像全局和局部信息的基础上提取种子点,保证种子点落在目标区域中并代表了目标的灰度特征,并通过生长阈值的自适应调整得到更接近目标真实情况的分割结果,经过分割后大量的背景信息被滤除,完整的目标边缘信息被保留,非常有利于下一步的目标匹配识别。

5 结 论

前视地面目标图像背景复杂,产生大量的背景边缘,严重干扰了目标的正确匹配识别,为了将目标与背景有效分离,提高目标匹配识别的精度,提出一种基于区域生长的前视红外图像分割方法。实验结果表明,该方法具有较强的自适应性与鲁棒性,对于前视地面目标红外图像分割具有很大的应用前景。

参考文献:

- [1] Yao Xiujuan, Peng Xiaole, Zhang Yongke. Brief descriptions of precision guidance technology[J]. Laser & Infrared, 2006, 36(5): 338-340. (in Chinese)
姚秀娟, 彭晓乐, 张永科. 几种精确制导技术简述[J]. 激光与红外, 2006, 36(5): 338-340.
- [2] Zhang YuHua, Chen Qiuhong. Type-2 fuzzy possibilistic clustering algorithm for infrared image segmentation[J]. Laser & Infrared, 2009, 39(7): 780-783. (in Chinese)
张玉花, 陈秋. 一种二型模糊可能性聚类红外图像分割算法[J]. 激光与红外, 2009, 39(7): 780-783.
- [3] Wan S Y, Higgins W E. Symmetric region growing[J].

- Image Processing, 2003, 12(9):1007 – 1015.
- [4] Chang Y L, Li X B. Adaptive image region-growing[J]. IEEE-IP, 1994, 3(6):868 – 872.
- [5] Pohle R, Toennies K D. A new approach for model-based adaptive region growing in medical image analysis[C]// Proceedings of the 9th International Conference on Computer Analysis and Patterns, Warsaw, 2001:238 – 246.
- [6] Orphanoudakis S C, Tziritas G, Haris K. A hybrid algorithm for the segmentation of 2D/3D images[C]// Proceedings of International Conference on Information Processing in Medical Imaging, Brest, 1995:385 – 386.
- [7] Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms[J]. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1):62 – 66.