

文章编号 :1001-5078(2004)03-0225-04

# 低信噪比红外小目标图像的分割方法

周 铭

(华北光电技术研究所,北京 100015)

**摘 要:**针对复杂背景条件下的红外图像分割问题,将遗传算法与人类视觉感知原理相结合,探讨了一种新的多阈值图像分割方法即基于遗传算法的图像阈值分割方法,该算法引入了一个自动判别且时空可变的背景条件和调整最佳分割区域的步骤,提高了分割算法的质量及鲁棒性,克服了传统阈值方法在图像分割中的局限性。通过计算机仿真实验,验证了该方法的有效性。

**关键词:**红外图像;遗传算法;图像分割

**中图分类号:** TN911.73      **文献标识码:** A

## Low SNR Infrared Weak Target Image Segmentation Algorithm

ZHOU Ming

(North China Research Institute of Electrooptics, Beijing 100015, China)

**Abstract:** Combining genetic algorithm with human visual apperception theory, a new multi-threshold image segmentation in complex background, i. e. an method of image threshold segmentation based on genetic algorithms, is discussed, which can distinguish changeable target backgrounds automatically and regulate the best segmenting region. Much more accurate results of segmentation and robustness are obtained which helps overcome drawbacks of traditional threshold methods. Computer emulation experiment shows that the performance of the algorithm provided above are satisfactory.

**Key words:** infrared image; genetic algorithm; image segmentation

### 1 引 言

近年来,由于红外热成像广泛应用于各种军事技术中,所以现代武器系统越来越重视通过目标所产生的红外辐射来探测、识别、攻击目标,因而红外图像中的目标探测与识别显得尤为重要。然而,在自然环境中,由于目标和背景的成像条件是不可控制的,随机变化的因素和复杂的背景给目标探测和识别带来很大的困难。主要表现在以下几个方面:从红外图像本身的特点来看,由于目标和周围场景存在着热交换以及空气对热辐射的散射和吸收作用,使得红外图像中目标和背景的对比如较低,因而难以提取目标有效的轮廓信息;从目标的特点看,由于和背景相比,目标的面积小很多,在实际应用中

受恶劣环境的影响和各种噪声干扰,造成目标信息的不足或不稳定即低信噪比,可供处理算法利用的信息量很小。鉴于图像分割是目标探测和识别问题的基础,因此,研究图像分割的方法、提高图像分割的质量显得十分迫切。阈值法<sup>[1]</sup>是一种简单有效的图像分割方法,它的最大特点是计算简单。本文将遗传算法与人类视觉感知原理相结合,探讨了一种新的多阈值图像分割方法即基于遗传算法的图像阈值分割算法。

作者简介:周铭(1976-),女,硕士研究生,主要从事信号处理、图像处理和模式识别方面的研究工作。

收稿日期:2004-03-17

## 2 传统图像分割方法分析

传统的图像分割法如最小误差阈值法 (P-tile 法)<sup>[2]</sup>、双峰法<sup>[3]</sup>、最大类间方差法 (Otsu 算法)<sup>[4]</sup>、最大熵分割法<sup>[5]</sup>等是采用对比度、边缘或灰度检测方法,它是假定目标与背景相比有明显的灰度变化,这对于理想情况或背景很简单的情况是合适的,但与很多实际情况不符合,在自然背景和变化的环境条件下很难达到性能稳定的目标分割效果,因而限制了其实际应用。以最大类间方差法为例,它利用图像的灰度直方图,以目标与背景之间的方差最大而动态地确定分割门限值。基本思想如下:把图像中的像素按灰度值用阈值  $t$  划分成暗区  $C_0$  和亮区  $C_1$  两类, $C_0$  由灰度值  $0 \sim t$  之间的像素组成, $C_1$  由灰度值在  $t+1 \sim L-1$  之间的像素组成,通过使划分得到的各类之间的距离(即方差)达到最大,来确定合适的门限。显然,不同的  $t$  值就会得到不同的区域间的方差,从  $0$  到  $L-1$  依次改变  $t$  值,取  $B^2(t)$  最大的  $t$  值为最佳阈值  $T$ 。类间方差  $B^2(t)$  的表达方式为:

$$B^2(t) = \omega_1(t)[(\mu_1(t) - \mu)^2 + \omega_2(t)[(\mu_2(t) - \mu)^2] = \omega_1(t)\omega_2(t)[\mu(t)]^2 \quad (1)$$

式中,  $\mu(t) = \mu_1(t) - \mu_2(t)$ ;  $\omega_1(t)$  为类  $C_0$  的面积与整幅图像总面积之比;  $\omega_2(t)$  为类  $C_1$  的面积与整幅图像总面积之比;  $\mu_1(t)$  为  $C_0$  中所有像素的平均灰度值;  $\mu_2(t)$  为  $C_1$  中所有像素的平均灰度值;  $\mu$  为整幅图像的平均灰度值。



图 1 三种目标背景条件

最大方差决定阈值相对于 P-tile 方法和双峰法而言 Otsu 法性能较优,当目标在图像中占有适当的比例即目标的相对面积大约为整幅图像的 10% 时,用这种 Otsu 法效果较好,而且算法较简单,有利于实时处理。然而最大类间方差法对目标大小很敏感<sup>[6]</sup>,当图像中目标与背景所占比例相差较大时,判别准则(类间方差)函数  $B^2(t)$  可能不是单峰而呈现双峰或多峰,即使是单峰的  $B^2(t)$  也不一定对应

于(分割效果)正确的门限  $T$ ,  $T$  可能出现在所占比例较大类的灰度均值附近,此时用 Otsu 法分割目标图像效果很差,经常会把很多背景错分为目标。

如图 1 所示,情形(1)中目标与背景所占面积  $s_1$  和  $s_2$  可以相比是任何分割算法都希望满足的条件;但在情形(2)中即  $s_1 \ll s_2$  时算法会将较多的背景像素判为目标;而在情形(3)中  $s_1 \gg s_2$  时由于目标几乎占据了整个被分割区域,此时目标的某些非均匀部分对算法而言仿佛变成了“目标”,而其余的部分仿佛变为“背景”,算法则可能将部分目标像素判为背景。对于情形(2)可作类似分析。出现此问题的原因是最大类间方差法虽然具有一定的自适应性,但它缺乏自动设置恰当分割窗口和区域的能力。所以性能稳定的分割算法应包括自动判别时空可变的背景条件和调整最佳分割区域的能力。

## 3 遗传算法在红外图像分割中的应用

阈值法实际上就是寻优即求出最优分割阈值,遗传算法比传统阈值法实现阈值寻优快,最优解对应图像分割性能好且稳定。基于遗传算法的图像阈值分割方法的基本数学模型是用遗传算法来搜索最佳的阈值  $T$  使类间方差  $B^2(t)$  取最大值,其中寻优的参数为阈值  $t$ 。

遗传算法<sup>[7]</sup> (Genetic Algorithm, 简称为 GA) 是美国 Michigan 大学的 John Holland 教授于 1975 年首先提出的。它是一种基于生物自然选择与遗传机理的随机化搜索算法,是模拟达尔文的遗传选择和自然淘汰的生物进化过程的计算模型。采用遗传算法处理图像是一种具有发展潜力的智能信息处理方法,可以对复杂的非线性多维数据空间进行快速有效的计算。

由人类视觉感知原理可知,人的视觉在感知图像过程中能灵活地改变注视点 (Fixation) 和注视区域的大小,即通过眼动扫视整幅图像区域,移动视线集中于可能感兴趣的子区域(即信息相对丰富、特征相对突出的区域),再进行局部扫描识别目标,从而使判别能力不仅适应于整幅图像,而且随不同的子区域而调整变化。把这一原理引入图像分割过程,可以对图像进行多次分割以获得空间可变门限的计算模型。在上一次的分割基础上,得到一些分割区域,

计算它们的信息量熵,如果信息量少,这个区域可看成一个物体,则不再处理;否则,再对它进行分割,一直到所有的区域都不能被分割或两次分割不再有变化。

基于遗传算法的自适应聚类阈值分割算法的基本思想是:

(1) 首先确定初始阈值  $t$ 。假设在图像中,目标亮度比背景亮度高,在算法运行中通过遗传优化阈值的类间方差法优化获得最佳阈值  $T$ ,遗传优化阈值的类间方差法的寻优阈值过程如下:

将问题域中的可能解看作是群体的一个个体(individual)或染色体(chromosome),并将每一个体编码成符号串形式,本文选择二进制编码;产生初始种群,初始种群的每个个体都是通过随机方法产生的;计算种群中每个个体阈值的适应度(fitness),然后判断是否符合优化准则,若符合,输出最佳个体阈值及其代表的最优解,并结束计算,否则继续往下计算;模拟达尔文的遗传选择和自然淘汰的生物进化过程,对种群(population)反复进行基于遗传学的操作(选择操作(selection),交叉操作(crossover)和变异操作(mutation)),根据预定的目标适应度函数对每个个体进行评价,依据适者生存,优胜劣汰的进化规则,即适应值高的染色体被选中概率较高,从而产生新的个体;由遗传操作产生新一代种群,返回第 步计算适应度。

本文适应度函数公式如下:

$$f(t_k) = B^2(t) = \mu_1(t) \mu_2(t) \left\{ \frac{\mu(t)}{B[\mu_1(t)]} \right\}^2 \quad (2)$$

式中,  $B[\mu_1(t)]$  表示人类的视觉非线性特性,

$$B[\mu_1(t)] = \begin{cases} a_1 \sqrt{\mu_1(t)} & \mu_1 < \mu_T \\ a_2 \sqrt{\mu_1(t)} & \mu_1 \geq \mu_T \end{cases}$$

(2) 然后通过以上遗传算法优化获得最佳阈值  $T$ ,再设定波动阈值  $A_1$  和  $A_2$ ,在  $[T + A_1, T + A_2]$  范围内进行一次最大类间方差的求算,以获取最终的图像分割阈值  $TH$ ,从而实现全局搜索与局部搜索方法的结合。一般波动阈值取图像灰度级的 5% ~ 25%。

(3) 最后用阈值  $TH$  对原始图像进行分割可得到目标区域和背景区域,再以图像的信息量熵作为

判别准则,若符合准则,就分割结束;否则对目标区域再进行分割,直到所有的目标区域符合判别准则或分割结果不再变化。相当于将一副图像分成若干块,对每一子块单独运用遗传优化阈值的最大类间方差法求取阈值,如图 2 所示。

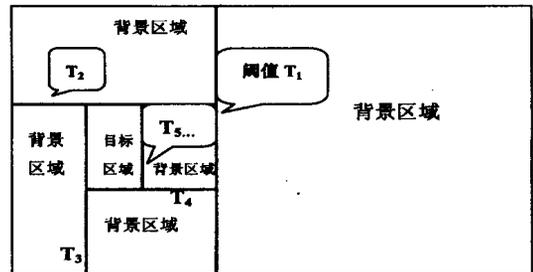


图 2 基于遗传算法的自适应聚类图像阈值分割法的处理图

#### 4 实验结果与性能比较

实验中遗传算法参数设置如下:选择二进制编码,种群大小  $M$  为 10,总代数  $j_{max}$  为 30,交叉概率  $p_c$  为 0.65,变异概率  $p_m$  为 0.01,  $a_1 = 1, a_2 = 0.1, \mu_T = 100$ 。

下面给出原始红外图像用 Otsu 方法和本文方法进行目标分割的结果以及本文算法分割时的具体过程。

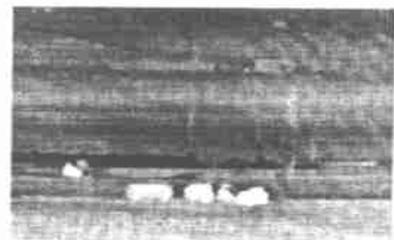


图 3 原始红外图像

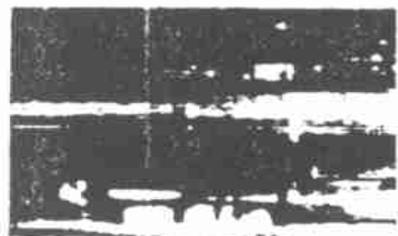


图 4 Otsu 算法分割结果



图 5 本算法第一次分割图

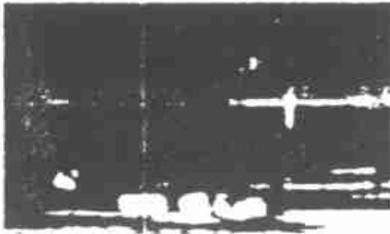


图 6 本算法第二次分割图



图 7 本算法第三次分割图



图 8 本算法第四次分割图

由实验结果表明,用图 4 中 Otsu 方法对原始红外图像不能有效分割,容易把很多背景错分为目标,使目标淹没在背景中。图 5、6、7、8 为本文算法分割时的具体过程,可以看出逐次分割到第四次分割时,包含目标图像的被分割区域满足判别准则,此时这部分区域不再被分割。分割 5 次后,图像中所有的分割区域都满足了条件。从图中可以看出本文算法的分割质量比 Otsu 算法好,本算法对目标和背景的分离效果明显优于传统的 Otsu 算法,而且抗噪性能也比 Otsu 方法好,有利于后期的目标识别。

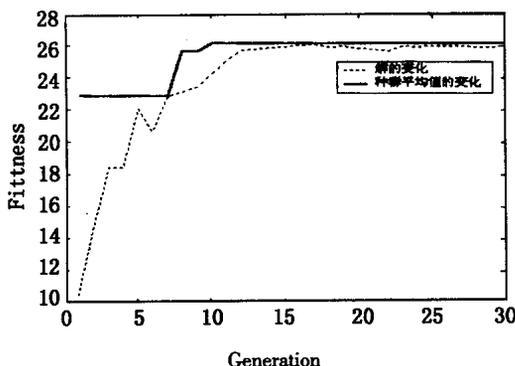


图 9 遗传算法寻优性能的跟踪图

本文算法是将最大类间方差法 Otsu 和遗传算

法 GA 有机地结合在一起,从而使得本文算法在性能上优于单独使用最大类间方差法或遗传算法,这种有机结合使算法能自适应地进行目标分割,同时扩大了算法所能有效分割目标的大小范围,提高了算法的适应性。

## 5 结论

由以上分析可以得出结论:该分割算法能有效地从较复杂自然背景中,准确稳定地分割检测自然背景中的人造目标,尤其是对地面小目标图像;该方法改善了传统阈值方法中对目标大小的限制,扩大了算法所能有效分割的目标范围,抗噪性能也较好,同时包括自动判别时空可变的背景条件和调整最佳分割区域的能力,提高了分割算法的质量及鲁棒性,即自适应的根据上一次的分割结果确定下一次的分割区域,通过判断它的信息量熵来确定是否继续分割,经过不断缩小分割区域,从而成功地从背景中分离出目标。未来有待于将遗传算法与小波、分形、神经网络、模糊数学等方法结合起来对现有图像处理方法进行改进。

## 参考文献:

- [1] 章毓晋. 图像分割[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [2] Doyle W. Operation Useful for Similarity-Invariant Pattern Recognition[J]. J. Assoc. Comput. Mach., 1962, 9:259 - 267.
- [3] 贾永红. 计算机图像处理与分析[M]. 武汉:武汉大学出版社,2001.9.
- [4] Otsu N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms[J]. IEEE Trans, SMC, 1979, 9(1): 62 - 66.
- [5] J N Kapur & P K Sahoo. A New Method for Gray-Level Picture Thresholding Using the Entropy of the Histogram[J]. Computer Vision Graphics, and Image Processing, 1985, 29: 273 - 285.
- [6] Zhang TianXu, Peng Jiexiong, Li Zongjie. An Adaptive Image Segmentation Method with Visual Nonlinearity Characteristics[J]. IEEE Trans. on SMC-Part B, 1996, 26(4): 619 - 627.
- [7] J H Holland. Adaption in Natural and Artificial Systems [M]. 1st ed, 1975, 2nd ed, Cambridge, MA: MIT press, 1992.