

·信号与信息处理·

基于 K-means 聚类红外目标检测

黄小鹏, 蓝映娇

(92853 部队, 辽宁 葫芦岛 125109)

摘要: 目标检测是红外图像处理环节中的重要组成部分, 检测结果直接影响后续处理。在分析红外图像特点的基础上, 采用改进的 Top-Hat 算子对红外图像中的噪声点进行抑制, 同时基于传统 K-means 聚类思想, 提出基于二维梯度信息的 K-means 聚类目标检测算法。实验结果表明, 该方法抑制噪声作用明显, 能很好地检测出红外图像中的目标, 为后续图像处理工作打下较好的基础。

关键词: 目标检测; 红外图像; 形态学; 二维梯度信息; K-means 聚类

中图分类号: TN215

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2015)-03-0029-04

Infrared Target Detection Based on K-means Clustering

HUANG Xiao-peng, LAN Ying-qiao

(92853 Army Unit, Huludao 125109, China)

Abstract: Target detection is an important part of infrared image processing, and the subsequent processing is directly affected by the detection results. On the basis of analyzing the characteristics of infrared images, an improved Top-Hat operator is adopted to suppress the noise points in infrared images. And according to traditional K-means clustering idea, K-means clustering target detection algorithm based on two-dimensional gradient information is proposed. Experimental results show that the method has distinctly noise suppression effect, and the target in infrared images is well detected, which lays a good foundation for the subsequent image processing.

Key words: target detection; infrared image; morphology; two-dimensional gradient information; K-means clustering

红外探测技术因其强隐蔽性和全天候的数据获取能力成为世界各国重视的战场侦察手段^[1]。然而由于大气气溶胶等因素的存在, 红外辐射在大气中传播时受到严重影响, 红外图像的背景中包含较多的复杂因素, 图像信噪比不高, 降低了目标的识别能力^[2]。对于远距离小目标, 背景中细节成分较少, 在红外图像平面上表现为弱点状或不稳定斑点状, 使得检测任务变得非常困难^[3-4], 红外图像的背景通常是连续缓变区域, 像素间有强的相关性, 占据图像空间频域的低频分量^[5]。在复杂背景和强干扰的条件下完成对红外图像中典型目标的检测识别,

是红外图像处理的一个重要内容^[6]。目前, 红外图像的预处理多采用固定邻域、非线性技术来对图像进行增强, 这些方法在增强图像对比度的同时也放大了噪声^[7-8]; 而另外一些如基于小波、神经网络和模糊技术的新方法, 虽然在某些领域取得很好的效果, 但算法复杂, 不便于硬件实现^[9-10]。

基于 K-means 聚类思想, 采用改进的形态学方法对红外图像进行预处理, 然后采用基于二维梯度信息的 K-means 聚类算法, 完成对红外图像中典型目标的检测。

1 Top-Hat算子预处理

形态学是一种非线性滤波,应用于图像和模式识别领域,其理论基础深,综合了多门学科知识,但其原理却比较简单,主要体现逻辑推理和严谨的数学演绎。设 $f(x,y)$ 为输入图像; $b(x,y)$ 为结构元素; 其中, (x,y) 为图像平面空间的坐标点; f 为 (x,y) 点的灰度值; b 为 (x,y) 的结构函数值; D_f 和 D_b 分别是 f 和 b 的定义域,则定义如下运算^[1]

(1) 膨胀

$$(f \oplus b)(s,t) = \max\{f(s-x, t-y) + b(x,y)\} \quad (1)$$

其中, $[(s-x, t-y) \in D_f; (x,y) \in D_b]$ 。

(2) 腐蚀

$$(f \ominus b)(s,t) = \min\{f(s+x, t+y) - b(x,y)\} \quad (2)$$

其中, $[(s+x, t+y) \in D_f; (x,y) \in D_b]$ 。

(3) 开运算

$$f \circ b = (f \ominus b) \oplus b \quad (3)$$

(4) 闭运算

$$f \cdot b = (f \oplus b) \ominus b \quad (4)$$

Top-Hat算子具有高通滤波的某些特性,开运算可以检测出图像中的峰,闭运算则能检测出图像中的谷。形态学 Top-Hat 算子能有效地识别出各种背景下的点目标,但是对于有较强背景噪声干扰的点目标图像,传统的 Top-Hat 算子的抑制效果不佳。为此,有学者提出修正的 Top-Hat 形态学滤波算子。修正 Top-Hat 形态学滤波器结构元由两部分组成:内部结构元 C_1 (大小为 $n \times n$) 和外部结构元 C_2 (大小为 $m \times m$), 即 $C_1 \subseteq C_2$ 。定义边缘结构元为 $A = C_2 - C_1$, 在此基础上定义改进的 Top-Hat 算子为

$$T(x,y) = (f - (f \ominus A) \oplus C_1)(x,y) \quad (5)$$

改进的 Top-Hat 形态学滤波器能更好的抑制噪声影响。

2 改进的 K-means 聚类

K-means 聚类是基于图像中目标和背景的灰度差异以及目标自身灰度的相似性进行分割检测,其聚类的基础是依据不同的属性进行分类,进而将具有相似属性的像素聚为同一类别。

2.1 二维梯度属性建立

经过预处理的红外图像,目标与背景的噪声得

到抑制,对比度有了一定程度的增强,遍历图像中的每一像素点,分别计算图像行方向及列方向的梯度,得到每一像素点的二维梯度信息

$$Gra = [\overline{X(a,i,j)}, \overline{Y(b,i,j)}] \quad (6)$$

其中, $\overline{X(a,i,j)}$ 代表行方向上梯度信息; $\overline{Y(b,i,j)}$ 代表列方向上梯度信息; a, b 代表梯度数值大小; (i, j) 表征位置信息。将处于相同位置上的行向及列向梯度向量相加,即得到当前像素点的真实梯度特征为

$$\overline{G(g,i,j)} = \overline{X(a,i,j)} + \overline{Y(b,i,j)} \quad (7)$$

这样得到梯度特征,表征当前点梯度信息,其模值代表梯度值大小。

2.2 梯度属性阈值预处理

二维梯度属性图中,梯度较大的像素点所在位置可认为是目标与背景的交界处,这些属性点组成了红外目标的边缘。而背景及目标内部,由于灰度值相差不大,其梯度属性要比边缘点小得多,为提高聚类效率,可选取合适的阈值 TH , 对梯度属性图进行处理,如下式

$$\overline{G(g,i,j)} = \begin{cases} \overline{G(g,i,j)} & \left| \overline{G(g,i,j)} \right| > TH \\ 0 & else \end{cases} \quad (8)$$

初始中心点的选择在 K-means 聚类算法中极其重要,为使各类像素点具有一定的区分度,通常寻找散布较大的点作为初始中心点。传统的 K-means 聚类算法是随机选取初始中心点,文中为了更好地进行红外目标分割,对在阈值和最大梯度模值之间的数值进行均分为

$$\mu(s) = \frac{\max - TH}{k} \times s + TH \quad (s = 1, 2, \dots, k) \quad (9)$$

式中,将梯度属性图分成 k 类; $\mu(s)$ 是第 s 类的中心值; \max 是最大梯度模值; TH 为选定的阈值。

具体实现步骤如下:

(1) 根据式(9)选取 k 个初始梯度模值均值

$$\mu_1^{(1)}, \mu_2^{(2)}, \dots, \mu_k^{(k)}。$$

(2) 在第 i 次迭代时,根据如下准则将每个梯度模值都赋予 k 类之一 ($j=1, 2, \dots, k, l=1, 2, \dots, k, j \neq l$); 若

$$\left\| \overline{G(g,i,j)} - \mu_j^{(j)} \right\| < \left\| \overline{G(g,i,j)} - \mu_l^{(l)} \right\| \quad (10)$$

即将每个梯度模值赋予与它最相似的梯度模均值类。

(3) 若对于 $j=1, 2, \dots, k$, 有更新类梯度模均值

(4)如果对所有的 $j=1,2,\dots,k$,有 $\mu_i^{(n+1)} = \mu_i^{(n)}$,则算法结束;否则进入步骤(2)继续下一次迭代。

3 实验结果与分析

为验证本算法对红外目标检测的效果,对实际拍摄得到的大视场红外图像进行处理,并与传统算法进行对比,结果如图1所示。其中,图1a为原始红外图像,图1b为K均值聚类处理结果,图1c为SUNSAN算子处理结果^[12],图1d为文中算法处理结果。

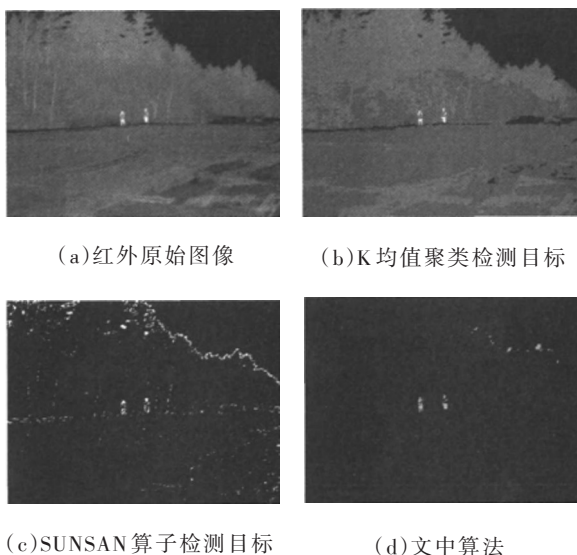


图1 目标分割图

原始红外图像中,主要是以天空、树木和路面为背景,以人为典型目标的图像。K均值聚类方法处理时,将部分树木和路面聚为一类,没有很好地突出树林中的目标。使用SUNSAN算子进行处理,虽然检测出目标,但处理结果中含有大量噪声点。文中算法的处理结果图中,很好地检测出目标,且较好地剔除了噪声点的影响。

为了对检测结果进行更好的评价,采用目标检测领域标准通用的几个评价指标进行客观评价,包括信噪比增益(ISNR)^[13],对比度增益(ISCR)和运行时间。ISNR和ISCR越大,说明算法抑制背景杂波和凸显目标的能力越强,各指标定义如下^[11]

$$ISNR = SNR_{out} / SNR_{in} \quad (11)$$

$$ISCR = SCR_{out} / SCR_{in}$$

其中, SNR_{in} 、 SNR_{out} 分别代表原始图像和处理后图像的信噪比; SCR_{in} 、 SCR_{out} 分别代表原始图像和处

理后图像的标准差。具体结果如表1所示。

表1 三种算法评价参数

算法	ISNR	ISCR	T/s
K均值聚类法	6.71	42.95	1.876
SUNSAN算法	13.24	52.45	2.856
文中算法	15.66	86.72	1.618

可以看出,文中算法相较于其他两种算法,计算方便,运行时间短,并且对背景抑制作用明显,能更好的检测出目标。

4 结论

红外技术由于其独特的优势已被广泛应用于多个领域,红外目标检测一直是红外图像处理的关键环节,检测结果将直接影响后续工作。目标检测的实质是将具有同类性质的像素检测出来,据此文中提出基于二维梯度信息的K-means聚类目标检测算法,依据图像的二维梯度属性及聚类思想,对红外图像进行目标检测。结果表明,该方法能很好地检测出红外图像中的目标,为后续图像处理工作打下较好的基础。

参考文献

- [1] 陈炳文,王文伟,秦前清.Fuzzy-ART背景抑制的单帧红外弱小目标检测[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2012,6(24):775-779.
- [2] 刘帅,王铎,孙腾飞.基于SUNSAN算子的白天红外星目标检测[J]. 红外技术, 2013,35(9):571-574.
- [3] 张飞,李承芳,史丽娜,等.复杂背景下运动点目标的检测算法[J]. 光学技术, 2005,31(5):55-58.
- [4] 朱红,赵亦工.基于背景自适应预测的后国外弱小运动目标检测[J]. 红外与毫米波学报, 1999,18(4):305-310.
- [5] 张弘,赵保军,毛二可,等.复杂背景下的红外点目标的检测[J]. 红外与激光工程, 2001,30(2):96-98.
- [6] 姜斌,石峰,崔东旭,等.改进的K均值聚类红外目标检测方法[J]. 应用光学, 2012,33(4):765-769.
- [7] 罗军辉,姬红兵,刘靳.一种基于空间滤波的红外小目标检测算法及应用[J]. 红外与毫米波学报, 2007,23(3):209-212.
- [8] 张春华,周晓东,陈维真.基于背景抑制的星空图像运动轨迹提取[J]. 红外与激光工程, 2008,37(1):143-146.
- [9] Khan J F, Alam M S. Efficient target detection in cluttered FLIR imagery [C]//SPIE, 2005,5816:39-53.

- [10] 张必银,张天序,桑农,等.红外弱小运动目标实时检测的规整化滤波方法[J].红外与毫米波学报,2008,27(2):95-100.
- [11] 康令州,陈福深,王德胜,等.基于形态学算法的红外图像小目标检测方法研究[J].光电工程,2010,37(11):26-31.

- [12] 陆宏伟,于起峰.最小核值相似区低层次图像处理算法的改进及应用[J].应用光学,2000,21(1):32-36.
- [13] 秦翰林,刘上乾,周慧鑫,等.采用Gabor核非局部均值的弱小目标背景抑制[J].红外与激光工程,2009,38(4):737-741.

(上接第16页)

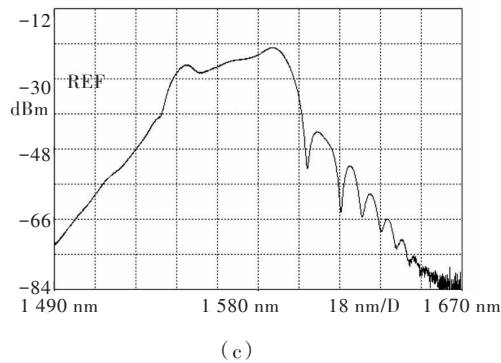


图4 锁模脉冲的频谱

3 结论

当光纤激光器输出脉冲的频谱宽度和激光器的增益带宽相接近时,需要利用 Maxwell-Bloch 方程描述孤子的传输特性。由于脉冲峰值箝制效应的影响,激光器中可以形成稳定的孤子输出。当孤子的强度被箝制在较大强度时,其频谱也较宽。继续增大被箝制的强度时,孤子的强度不再继续增大,而是产生一个新的孤子,其频谱由于相干影响而形成旁瓣,旁瓣的数量随被箝制的强度的增大而增加。

参考文献

- [1] Matsas V J, Richardson D J, Newson T P, et al. Characterization of a self-starting, passively mode-locked fiber ring laser that exploits nonlinear polarization evolution[J]. Opt Lett, 1993, 18(5): 358-360.
- [2] Tamura K, Ippen E, Haus H, et al. 77-fs pulse generation

from a stretched-pulse mode-locked all-fiber ring laser[J]. Opt Lett, 1993, 18(13): 1080-1082.

- [3] Salhi M, Leblond H, Sanchez F. Theoretical study of the erbium-doped fiber laser passively mode-locked by nonlinear polarization rotation[J]. Phys Rev A, 2003, 67(1): 013802.
- [4] Tang D, Zhao L, Zhao B, et al. Mechanism of multisoliton formation and soliton energy quantization in passively mode-locked fiber lasers[J]. Phys Rev A, 2005, 72(4): 043816.
- [5] Kelly S, Smith K, Blow K, et al. Average soliton dynamics of a high-gain erbium fiber laser[J]. Opt Lett, 1991, 16(17): 1337-1339.
- [6] Zhao L, Tang D, Wu J. Gain-guided soliton in a positive group-dispersion fiber laser[J]. Opt Lett, 2006, 31(12): 1788-1790.
- [7] Kim A, Kutz J, Muraki D. Pulse-train uniformity in optical fiber lasers passively mode-locked by nonlinear polarization rotation[J]. IEEE J Quantum Elect, 2000, 36(4): 465-471.
- [8] Chang C W, Chi S. Mode-locked erbium-doped fibre ring laser using nonlinear polarization rotation[J]. J Mod Optic, 1998, 45(2): 355-362.
- [9] Liou L W, Agrawal G P. Solitons in fiber amplifiers beyond the parabolic-gain and rate-equation approximations [J]. Opt Commun, 1996, 124(5): 500-504.
- [10] Chi S, Chang Senfar C W. Femtosecond soliton propagation in erbium-doped fiber amplifiers: the equivalence of two different models[J]. Opt Commun, 1994,106(4): 193-196.
- [11] Chang C W, Chi S. Mode-locked erbium-doped fiber ring laser using nonlinear polarization rotation[J]. J Mod Optic, 1998, 45(2): 355-362.