

·信号与信息处理·

## 一种基于超光谱图像的快速反伪装识别技术

张宇佳, 魏俊杰

(中国电子科技集团公司光电研究院, 天津 300308)

**摘要:**针对传统的红外、可见光等单波长侦察手段在复杂伪装背景下难以准确有效的提取目标的问题,提出了一种基于超光谱图像的快速反伪装识别技术。首先,对实时采集的多波段图像进行配准并进行图像融合获得超光谱图像;然后,对融合后的图像进行DDE增强,凸显图像细节信息;最后,对细节增强后的图像进行阈值分割和连通域提取,获得感兴趣的目标。实验结果表明,该方法实时性好、消耗CPU缓存资源少,能将单一波段难以检测的复杂伪装下的房屋营地等目标可以快速清晰分辨出来。

**关键词:**图像配准;图像融合;DDE增强;目标提取

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2018)-03-0039-03

## A Technology of Quick Anti-camouflage Recognition Based on Hyper-spectral Image

ZHANG Yu-jia, WEI Jun-jie

(Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300308, China)

**Abstract:** A quick anti-camouflage recognition technology based on hyper-spectral image is proposed for resolving the problem that the target is not easy to be extracted accurately and effectively with traditional infrared and visible light single wavelength reconnaissance methods under complex camouflage background. At first, the collected data of multi-spectral image in real time is registered and fused to obtain hyper-spectral images. And then, the fused images are enhanced by digital detail enhancement (DDE) technology and image details are effectively highlighted. At last, the methods of threshold segmenting and connectivity area abstracting of the enhanced image are used to obtain the targets of interest. Experimental results show that the method has better real time and less consumption of central processing unit (CPU) resources. It can quickly and clearly distinguish the targets such as buildings and campus under complex camouflage background, which is difficult to detect for single wavelength methods.

**Key words:** image registration; image fusion; digital detail enhancement (DDE); target abstraction

现代军队对伪装技术<sup>[1-3]</sup>的研究越来越重视,其技术原理都是减小目标与背景在紫外、可见光、红外等某一谱段上的辐射强度的差异,使目标与背景混淆。在实际应用中,树叶、伪装网、营地等使用传统的红外、可见光等侦察手段很难区分,但是目标与背景多波段光谱反射差异非常明显。超光谱成像<sup>[4-6]</sup>是一种光电探测新技术,将光谱细分成多个波段,在多个光谱波段内连续成像,利用不同物体反射光谱的特异性,将目标与背景区分开来。

超光谱单一波长图像,目标光谱特征较弱,成像细节不丰富,利用不同光谱图像的冗余特性和互补特性进行光谱图像融合,提取反伪装目标。文中提供一种基于超光谱图像的快速反伪装识别技术,包括多波段光谱图像配准、光谱图像融合、图像增强<sup>[7]</sup>、阈值分割和连通域提取<sup>[8]</sup>得出目标。主要解决超光谱图像在复杂伪装背景下的目标提取。树叶、伪装网、营地等使用传统的红外、可见光等单波长侦察手段很难区分,因此超光谱成像被更多的应用

收稿日期:2018-02-12

作者简介:张宇佳(1990-),女,吉林人,硕士,主要研究方向为软件工程。

在反伪装侦察等领域,从大量的多波段光谱数据中提取出复杂伪装背景下目标,与以往红外、可见光单波段提取目标算法相比,数据量更大,算法实时性要求更高。

## 1 基于超光谱图像的快速反伪装识别技术

基于超光谱图像的快速光谱融合反伪装侦察技术实现包含以下几个步骤:选取超光谱成像波长,多光谱图像配准,多光谱图像融合,图像细节增强,阈值分割和连通域提取。图1为算法流程图。

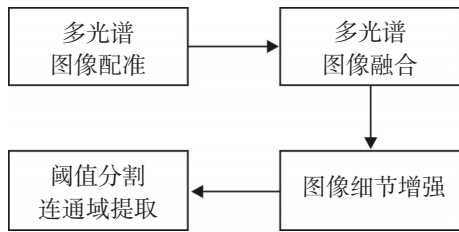


图1 算法流程图

### (1)多波段图像配准

图像融合之间需要做图像预处理,将多波段图像进行几何配准,文中采用的超光谱成像系统是采用稳定伺服平台搭载AOTF晶体、CCD相机和图像采集系统组成。稳定伺服平台调转到给定角度,对AOTF晶体分光束控制连续拍摄三幅波长不同的图像,其中AOTF波长改变间隔为微秒级,CCD相机曝光时间为13.5 ms,在短时间内稳定伺服转台抖动不到1个像素,可忽略不计。取成像伺服平台角度信息进行几何配准。

### (2)多波段图像融合

图像波长配置完成后,取三个波段中,最长波长光谱图像与最短波长光谱图像做差值运算,将两幅图像做对应像元相减,增强不同波段间亮度差异大的目标,如下式所示。

$$F(x,y)=[f_1(x,y)-f_2(x,y)]+b \quad (1)$$

考虑到实时性和对系统缓存的要求,对图像采用异步双缓存伪实时处理的方法,CPU预设两个缓冲区,CPU将图像采集到图像缓冲区1中等待处理,与此同时,CPU利用这段时间处理缓冲区2中(前一

帧)的图像,处理完毕后两个缓冲区的职能进行交换;CPU处理缓冲区1中采集的前一时刻的图像,而此时缓冲区2可以接收摄像头下一帧的采集图像。如此往复,两个缓冲区互换,不间断地运动便可以实现伪实时处理。

### (3)图像细节增强

对图像融合后的二维图像进行DDE增强处理,确定图像灰度的变化范围,保持图像原有的灰度级个数,拉大图像的灰度间隔,扩大背景和前景灰度的差别,凸显图像细节信息。对融合后的二维图像进行遍历,得到图像的灰度最大级别值 $f_{\max}$ 、图像灰度最小级别值 $f_{\min}$ (图像中出现超过10次的灰度值确认为灰度级别值),则将图像的灰度变化区间由 $[f_{\min}, f_{\max}]$ 变换到 $[g_{\min}, g_{\max}]$ ,采用如下公式实现

$$g(x,y)=\begin{cases} g_{\min} & 0 \leq f(x,y) < f_{\min} \\ (\frac{g_{\max}-g_{\min}}{f_{\max}-f_{\min}})f(x,y)+g_{\min} & f_{\min} \leq f(x,y) < f_{\max} \\ g_{\max} & f_{\max} \leq f(x,y) < 255 \end{cases} \quad (2)$$

图像增强后的效果如图2所示。图中房屋、车辆高亮显示,树林、农田等背景灰度级别比较低,可以清晰看出目标的边缘轮廓,采用阈值分割结合连通域提取,可以将房屋、车辆等目标从树林、农田等复杂背景中提取出来。

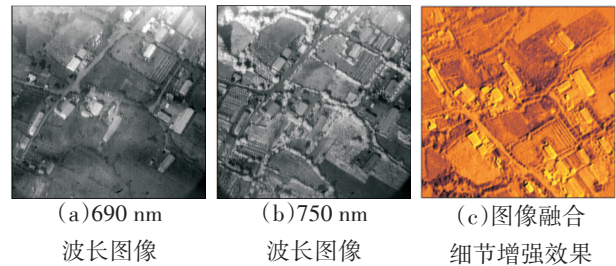


图2 图像增强后效果

### (4)超光谱图像阈值分割和连通域提取

将细节增强后图像进行阈值分割,过滤图像中不相关的背景,然后对图像中灰度阈值较高的区域进行连通域提取,抽取目标轮廓。

对图形进行阈值分割后,遍历图像遇到连通区域中的一个点,以它为起点,在8邻域内进行轮廓搜索,标记边界上的像素,当轮廓闭合后,继续遍历图像,找寻新的轮廓,直到搜寻完毕整个图像。其具体算法实现如图3所示。

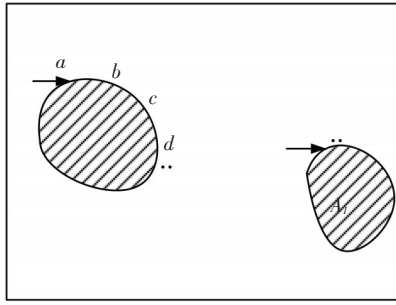


图3 连通域提取算法

①从上到下,从左到右遍历图像;

②如图3所示,遍历过程中第一个遇到的超过阈值点 $a$ 点为外轮廓点,建立一个新的轮廓数组 $A_i[n]$ ,将检索到的轮廓点放入该数组;

③从 $a$ 点出发,搜寻8邻域,如果该点灰度值与 $a$ 点的灰度值的差绝对值小于预设值,且该点未被标记过,则将其归入轮廓数组;

④依次搜寻 $b, c, \dots$ ,直到找不到新轮廓点,该轮廓完成闭合;

⑤从 $a$ 点开始,按照从左到右、从上到下顺序遍历图像中未被标记为轮廓的点,按照 $c, d$ 步骤搜寻新的轮廓数组 $A_i[n]$ ,完成所有轮廓的搜索,提取出目标。

## 2 实验与分析

为了验证文中提出的反伪装目标提取技术可行性,进行了试飞试验,试验利用所提出的超光谱成像系统拍摄复杂背景下的伪装目标,并对采集的图像进行处理。图像的处理平台为Windows7系统、主频2.66 GHz、内存8.0 GB的计算机,算法通过VC6.0编码实现。算法对采集的多个谱段的图像进行配准融合,并采用DDE算法对融合后的图像进行细节增强和目标提取。同时,为了进行效果比对,采用同样的细节增强算法和目标提取算法对单波段的图像进行处理。

通过实验可以发现,采用不同波长光谱图像做差值处理,可明显增强单波长图像中无法看清的目标特性,从而提高目标识别的准确度。图像融合后,目标细节凸显保留,去除多光谱冗余信息,显著提高图像处理的速度。该图像融合算法实时性好,消耗CPU缓存少。

对光谱融合后图像采用DDE图像增强技术,结合阈值分割、连通域提取,可快速准确提取出伪装

目标。单波段图像与多波段光谱融合后图像对比如图4所示。

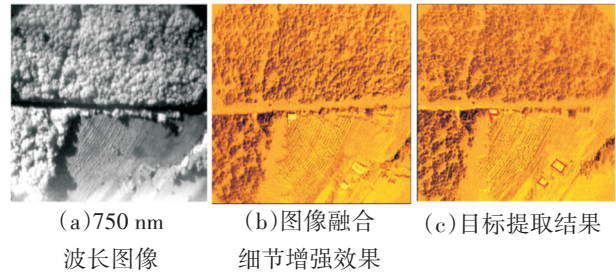


图4 图像处理结果

图中可以看出,在单波长图像很难将营地、车辆从树林、田野等复杂背景中区分开来,经过多波段融合后,房屋营地等目标可以快速清晰分辨出来。

## 3 结论

提出了一种超光谱图像的快速反伪装识别技术。为了解决单一波段图像无法看清复杂伪装下的目标特征的问题,采用多个波段的探测器对目标进行融合探测,同时为了增强目标的轮廓信息,采用了DDE算法对融合图像进行处理。实验结果表明,所提出的方法是有效稳健的。

## 参考文献

- [1] 张建军. 迷彩伪装技术[M]. 北京:中国纺织出版社, 2002.
- [2] 吕晓红. 国外伪装技术发展现状及趋势[J]. 飞航导弹, 1996, 26(3): 1-14.
- [3] 肖冰, 李军念, 陈秦, 等. 国外军用伪装网技术的现状及发展趋势[J]. 四川兵工学报, 2003, 25(5): 64-66.
- [4] Kirchof W, Guttman S, Schramm M, et al. Spectral characterisation of forest damage in beech, Oak and pine stands [C]//IEEE Proceeding of IGARSS, 1988, 88: 623-624.
- [5] 浦瑞良, 宫鹏. 高光谱遥感及其应用[M]. 北京:高等教育出版社, 2000.
- [6] ZHAN Yun-jun, HU Guang-dao, WU Yan-yan. Hyperspectral remote sensing rock and mineral spectral feature mining based on rough set theory [C]//IEEE Proceeding of CSSE, 2008, 4: 470-473.

(下转第78页)

表1 检测结果记录表

距离 设定 /km	发射信 号间隔 /ms	测试结果	
		从激光发射信号到输出 模拟回波信号的时间/ $\mu$ s	距离换算/m
0.6	1	3.999 3	599.895
	50	40.000 1	6 000.015
6	1	399.999 7	59 999.955
	50	3.999 9	599.985
60	1	39.999 9	5 999.985
	50	4 000.000 2	60 000.030

## 6 结 论

从研究多脉冲激光测距机的实现原理出发,介绍了实现多脉冲激光测距机重要指标检测的方法,并对信号时序识别、激光信号脉宽测量、高精度延时器和激光器功率稳定度等关键技术软硬件的实现进行了描述。针对该方法设计了分组模拟测试,并对实验结果进行了记录和分析,实验证明该方法在实际检测过程中易于操作、自动化程度高,并且拥有较高的测量精度,有效解决了传统检测对测试场地要求高、过程复杂且受大气能见度影响的

问题。

## 参考文献

- [1] WANG Yang, WANG Qian-qian. The application of lidar in detecting the space debris[C]//Proc of SPIE, 2009.
- [2] 龙腾宇,黄民双,孙丽妍,等.单脉冲互相关累积法在激光脉冲远程测距中的应用[J].北京石油化工学院学报, 2013, 21(3).
- [3] 倪旭翔,胡凯.脉冲串互相关方法在远程激光测距中的应用[J].光学学报, 2012, 32(11).
- [4] 谭显裕.脉冲激光测仪灵敏度与消光比研究[J].红外与激光技术, 1990, 17(2).
- [5] 羊毅,陆祖康,倪旭翔,等.激光测距机测程指标的拟定及测试方法电光与控制[J]. 2002(2).
- [6] 谭浩强.C程序设计[M].北京:清华大学出版社, 2003.
- [7] 付小宁.光电探测技术与系统[M].北京:电子工业出版社, 2010.
- [8] 郝晓剑.光电探测技术与应用[M].北京:国防工业出版社, 2009.
- [9] 邢刚.基于CPLD的多目标脉冲激光测距系统的设计与实现[J].激光与红外, 2010.
- [10] 张春风,羊毅,刘春华.基于多脉冲的机载远程激光测距信号处理算法[J].电光与控制, 2010.
- (上接第24页)
- [10] Born & Wolf.光学原理[M].北京:电子工业出版社, 2009, 10.
- [11] 麦伟麟.光学传递函数及其数理基础[M].北京:国防工业出版社, 1979, 3.
- [12] 孙可,江厚满,程湘爱.强光辐照下主镜表面散射引起的视场内杂光分布[J].光学精密工程, 2011, 19(2): 493-499.
- [13] 梁昆淼.数学物理方程[M].北京:高等教育出版社, 2004, 2.
- (上接第41页)
- [7] 孙即祥.图像处理[M].北京:科学出版社, 2004.
- [8] 徐正光,鲍东来,张利欣.基于递归的二值图像连通域像素标记算法[J].计算机工程, 2006, 32(24): 186-188.
- [9] 刘杨,赵香菊,张蕾.面向遥感图像处理与展示的多语言构件设计[J].河南大学学报(自然科学版), 2016, 46(4): 472-481.
- [10] 李蓉,邹昆,马慧.基于S3C2440处理器系统的数字图像处理技术和嵌入式技术结合机制[J].现代电子技术, 2016, 39(23): 55-57.