

基于高光谱遥感影像的地面伪装目标检测分析

陈涛 孔祥龙 李博 任飞
中国人民解放军 32016 部队
DOI:10.12238/gmsm.v8i3.2196

[摘要] 文章结合高光谱遥感影像,对地面上的伪装目标检测方法进行分析。包括伪装目标检测与高光谱遥感影像分析,以及高光谱遥感影像支持下的地面伪装目标主要检测方法。经分析可知,绿色植被光谱特点明确、训练样本集的有效建立、伪装目标特征选择、分辨函数选择等,均是地面上伪装目标的主要检测方法。希望通过此次分析,可以为高光谱遥感影像分析提供科学参考,以实现地面上各类伪装目标的准确检测。

[关键词] 高光谱遥感影像; 地面植被; 伪装目标; 光谱特点; 特征选择
中图分类号: TP7 **文献标识码:** A

Ground camouflage target detection analysis based on hyperspectral remote sensing images

Tao Chen Xianglong Kong Bo Li Fei Ren
32016 troops of the Chinese People's Liberation Army

[Abstract] This article combines hyperspectral remote sensing images to analyze camouflage target detection methods on the ground. Including camouflage target detection and hyperspectral remote sensing image analysis, as well as the main detection methods for ground camouflage targets supported by hyperspectral remote sensing images. Through analysis, it can be concluded that the clear spectral characteristics of green vegetation, effective establishment of training sample sets, selection of camouflage target features, and selection of resolution functions are the main detection methods for camouflage targets on the ground. I hope that this analysis can provide scientific reference for hyperspectral remote sensing image analysis, in order to achieve accurate detection of various disguised targets on the ground.

[Key words] hyperspectral remote sensing imagery; Ground vegetation; Disguising targets; Spectral characteristics; Feature Selection

前言

在现代地面上的伪装目标检测过程中,高光谱遥感影像是最关键的一种支持技术。通过此类影像数据的有效处理与分析,可对地面上的各类伪装目标做出准确检测。基于此,我们将高光谱遥感影像作为基础,采用统计识别分类法,对地面上的伪装材料及其背景实施光谱特点分析,以探索伪装目标的正确识别方法,为高光谱遥感影像科学分析提供技术支持。

1 伪装目标检测与高光遥感影像分析

1.1 伪装目标检测介绍。伪装目标指的是通过各种伪装手段来隐藏自己的真实身份、位置和功能等,防止敌方侦察设备发现或识别的目标。常见的伪装目标主要包括人员、装备、设施以及区域等。而其伪装手段也有很多种,比如天然伪装、迷彩伪装、人工遮障伪装、假目标伪装、烟幕伪装等。而在具体的伪装过程中,基于自然环境(尤其是绿色植被)的迷彩伪装手段最为常

用,且识别难度也最高。

1.2 高光遥感影像特点。高光光谱遥感影像指的是在特定条件下,通过传感器获取的遥感影像,此种影像可使地物高光特征突出。相较于普通遥感影像而言,高光光谱遥感影像具有不同的电磁波发射信号与反射信号,它所捕获的是地面高光产生时的反射信号,并对其他背景信号加以抑制,而此种方法通常需通过特定波段与特定观测角度设置的方式来实现。在此种模式下,高光光谱遥感影像便具备了以下特点。第一是空间分辨率高,它可对地物细节特征做到清晰分辨,更加有利于复杂地物结构和小型目标识别。第二是反射特性强,其高光部分较周围地物反射率高很多,图像中的目标地物更加突出,可为目标地物区分与识别提供便利。第三是地物材质的真实反映,其中的不同地物表现出的反射特性不同,从而可为地面上的物体分类及其识别提供便利。

1.3 高光谱遥感影像分析在伪装目标检测中的作用。就目前的地面伪装目标检测来看, 高光谱遥感影像分析的主要作用表现在以下几方面。第一, 详细分析此类影像中各个像元光谱, 将其和已知物质光谱库对比, 可对伪装目标材料成分做出准确识别。第二, 以合理的方法分析此类遥感图像中的丰富光谱信息, 可对伪装目标和其他颜色、纹理相似的背景做出精确区分。第三, 分析此类影像中不同波段条件下的地物反射率变化规律, 可对伪装目标和背景做出有效区分, 从而在草丛、树林等自然掩护下发现隐藏的伪装目标。第四, 根据此类影像中的丰富光谱信息与空间分辨率特点, 可对地面上的伪装目标做出精准定位。

2 高光谱遥感影像支持下的地面伪装目标主要检测方法

在通过高光谱遥感影像分析法对地面上的伪装目标进行检测时, 其主要检测方法是根据绿色植被光谱特点和伪装材料光谱特点的不同, 通过影像样本集训练以及不同特征波段伪装目标计算的方式, 检测和识别伪装目标。以下是具体检测方法分析。

2.1 绿色植被光谱特点。对于地面伪装目标而言, 绿色是一种最典型且常用的伪装颜色。通常情况下, 伪装者会通过模拟绿色植被材料的方式, 直接对车辆、技术兵器等各类装备实施迷彩伪装处理, 以此来大幅度提升伪装目标的发现与识别难度, 甚至可达到以假乱真的伪装效果。基于此, 在通过高光谱遥感影像分析法对地面上的伪装目标进行检测时, 研究者首先应明确绿色植被的主要光谱特点, 如此方可为后续的高光谱遥感影像分析创造有利条件, 以降低伪装目标的检测难度。

通常情况下, 地面上的绿色植被主要构成部分包括叶簇、枝干以及阴影这三个。因其中的主要成分是绿色植被叶子, 所以其基本的光谱反射特点是由植被叶片自身的光谱反射特点所决定。根据已有的绿色植被光谱特点检测与分析经验可知, 其基本的光谱反射特点是在整体可见光吸收范围内, 其反射峰将出现在550nm波长位置上, 吸收峰将出现在680nm波长位置上, 且反射率会在700~740nm这一波段范围内出现急剧增加的发展趋势, 并在该波长间隔范围内出现最大值。而在740nm之后, 其反射率将呈现出越来越缓慢的增长趋势, 到1400nm波长位置之后, 其反射率将开始出现下降趋势。图1为国标中的绿色光谱反射曲线图:

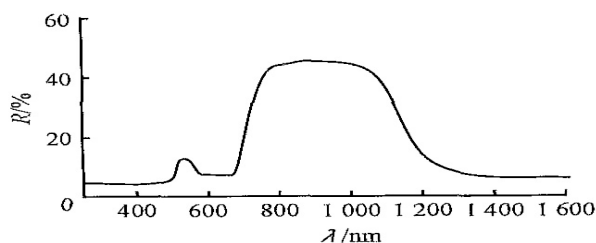


图1 国标中的绿色光谱反射曲线图

2.2 训练样本集的有效建立。在通过高光谱遥感影像分析法对地面上的伪装目标进行检测时, 训练样本集的有效建立是确保后续分析效果、实现伪装目标精准识别与检测的关键策略。基

于此, 研究者应选择最具典型性的伪装网、伪装目标以及伪装植被等, 进行训练样本集建立。为达到这一目标, 此次研究中, 将瑞典以及瑞士森林选作伪装网, 将外军伪装服选作伪装目标, 将不同季节、不同种类以及不同环境条件下的绿色植被选作伪装植被。同时, 将森林的绿色选作分析过程中的分类阈值指定标准。

2.3 伪装目标特征选择。对于地面上的伪装目标, 在通过高光谱遥感影像分析法对其进行检测的过程中, 伪装目标特征的科学选取也是一项关键策略。由于此种分析模式下的伪装目标检测主要通过伪装目标和周边绿色植被特点区分的方式来实现, 因此在基于高光谱遥感影像的伪装目标特征选择时, 研究者应将伪装目标和绿色植被背景之间的光波反射率不同作为依据, 从复杂的森林伪装网中识别伪装目标。

根据上文分析的绿色植被光谱特点可明确, 伪装目标所应用的各类绿色伪装材料和森林伪装网中的绿色植被之间的主要差异性表现在其680nm波长位置的吸收峰值不同。相比较真正的绿色植被而言, 伪装目标中应用的绿色伪装材料并不能将该波段的光有效吸收。基于此, 具体分析时, 研究者可将680nm波段用作第一个特征波段, 通过该波段条件下的光谱反射情况分析, 可对伪装目标做出有效识别。同时, 在700~740nm这一波段内, 真实绿色植被的光反射率将呈现出不断上升的发展趋势, 而伪装目标中的绿色伪装材料的反射率上升趋势将不及绿色植被上升趋势剧烈。基于此, 具体分析时, 研究者可将700~740nm这一波段范围用作第二个特征波段, 通过该波段范围内的光谱反射率增长趋势分析, 可对伪装目标作出有效识别。

基于此, 本次研究中将680nm波长选为中心波长, 按照5nm间隔, 对其左右九个通道内的光反射率进行抽样, 将获取到的抽样值用作伪装目标检测过程中的特征值, 通过光反射率对比的方式, 来区分伪装目标与绿色植被背景, 并对伪装目标进行准确定位。同时按5nm间隔将700~740nm这一波段范围划分为九个通道, 对各个通道内的光反射率进行抽样, 将获取到的抽样值用作伪装目标检测过程中的特征值, 通过光反射率增长趋势对比的方式, 来区分伪装目标与绿色植被背景, 并对伪装目标进行准确定位。

2.4 分辨函数选择。在根据高光谱遥感影像对地面上的伪装目标进行检测分析时, 最关键的一项内容就是合理选择分辨函数。考虑到此项检测的主要原则是对伪装目标中应用的绿色伪装材料以及地面上的真实绿色植被进行区分, 且两者在680nm波段以及700~740nm波段范围内的光吸收率以及光反射率增长趋势差异性较大, 因此在本次研究中, 研究者将线性判别函数选作其分辨函数。

对于第一个特征波段, 具体分析时将680nm波长选为中心波长, 按照5nm间隔, 分别在其左右选取了九个通道, 将所有通道中抽取的特征值 $R_i(N)$ 和一个权重因子 $\alpha(N)$ 相乘, 然后对获取到的所有乘积实施线性增加处理, 从而组成了一个综合变量

V_i 。其本质其实是将九个维度的特征向量转变为1维特征矢量。

以下是其计算公式:

$$V_i = \sum_{N=k_1}^{k_2} \alpha(N) R_i(N), i=1,2,\dots,m \quad (1)$$

其中, V_i 代表综合变量; k 代表训练样本通道; N 代表

所选特征空间维度数量; $\alpha(N)$ 代表第 N 个通道的权重因子;

m 代表训练样本总数。

对于第二个特征波段, 具体分析时, 研究者按5nm间隔将700-740nm这一波段范围划分为九个通道, 将所有通道中抽取的特征值 $R_i(N')$ 线性叠加到一起, 从而组成一个一维特征矢量。以下是其计算公式:

$$V_i' = \sum_{N'=k_1'}^{k_2'} \alpha'(N') R_i(N'), i=1,2,\dots,m \quad (2)$$

其中, V_i' 代表一维特征矢量; k' 代表训练样本通道; N'

代表所选特征空间维度数量; $\alpha'(N)$ 代表第 N 个通道的权重因子。

对于公式(1)以及公式(2)计算获得的结果, 研究者可按以下公式对其中的各个训练样本进行特征矢量均值计算。以下是其计算公式:

$$\overline{V_i} = E(V_i), i=1,2,\dots,m \quad (3)$$

$$\overline{V_i'} = E(V_i'), i=1,2,\dots,m \quad (4)$$

其中, 代表第一个特征波段中的训练样本特征矢量均值; 代表第二个特征波段中的训练样本特征矢量均值。

对于分析过程中的未知样本, 需要通过和训练样本相同的方式提取其特征值, 然后通过判别最小距离的方式, 对样本实施属类范围求解, 以达到良好的分类效果, 从而判断其是否属于伪装目标。

2.5检测结果分析。对于此次研究中提出的高光谱遥感影像分析方法, 为验证其在地面伪装目标检测中的应用效果, 研究者对此次所选研究区域内的高光谱遥感影像计算分析结果与现场实际情况数据进行了对比分析, 从而对该方法条件下的伪装目标识别正确率做出了科学确定。表1为此次基于高光谱遥感影像分析的伪装目标检测结果及其识别正确率参数:

表1 此次基于高光谱遥感影像分析的伪装目标检测结果及其识别正确率参数

序号	项目	检测结果	
		第一个特征波段	第二个特征波段
1	伪装目标特性平均值	291.175	219.530
2	伪装目标特性标准差	55.905	86.390
3	植被特性平均值	131.120	362.460
4	植被特性标准差	14.985	38.940
5	分类阈值	60.390	109.920
6	识别正确率	99.6%	99.2%

通过此次研究中的高光谱遥感影像分析检测结果来看, 在通过光谱特征对国外伪装目标物中的迷彩绿色伪装材料进行识别时, 可对其与周边绿色植被背景做出明确区分, 其识别正确率可超过99%。由此可见, 本次针对地面上伪装目标检测提出的高光谱遥感影像分析方法十分适用。

3 结束语

综上所述, 伪装目标是现代军事侦察检测领域中的主要检测目标。而在对地面上的伪装目标进行检测时, 伪装目标中的伪装材料与周边环境中的真实植被区分是一项关键内容。为对两者做出合理区分, 研究者可引入当前先进的高光谱遥感影像分析技术, 结合既有高光谱遥感影像条件下的绿色植被光谱特征, 以及当前最典型的迷彩绿色伪装材料光谱特征, 根据两者在680nm波长处以及700-740nm波段范围内的不同光谱吸收与反射特征, 对检测区域内的伪装目标进行准确识别。经实践应用可知, 高光谱遥感影像支持下的伪装目标检测准确性很高, 对国外迷彩伪装材料的识别正确率可超过99%。

【参考文献】

- [1]李斐斐.高光谱遥感影像技术发展现状与应用[J].现代营销(下旬刊),2018,(03):92.
- [2]徐钰明.高光谱遥感影像异常检测与分类技术研究[D].杭州电子科技大学,2013.
- [3]颜文俊,王同招.高光谱遥感影像地面伪装目标检测方法的研究[J].机电工程,2007,(01):4-6.
- [4]王同招.高光谱遥感影像地面伪装目标检测方法的研究[D].浙江大学,2006.
- [5]余旭初,冯伍法,林丽霞.高光谱——遥感测绘的新机遇[J].测绘科学技术学报,2006,(02):101-105.
- [6]张丽.基于投影寻踪的高光谱影像特征提取与自动识别技术研究[D].长安大学,2006.

作者简介:

陈涛(1993—),男,汉族,四川宜宾人,硕士研究生,助理工程师,研究方向:遥感制图方向。