

滇中三类典型地表植被的机载高光谱特征分析

胡琳¹, 甘淑^{1,2*}, 袁希平^{2,3}, 李雁^{1,4}, 吕杰^{1,2}, 杨明龙^{1,2}

1. 昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093
2. 云南省高校高原山区空间信息测绘技术应用工程研究中心, 云南 昆明 650093
3. 滇西应用技术大学, 云南 大理 671000
4. 云南省国防科技工业局综合研究所, 云南 昆明 650118

摘要 高光谱遥感技术因为具有图谱合一的优势, 并且相较于传统多光谱遥感技术, 可以实现对目标的精确识别, 逐渐运用于地表植被的探测。选择以滇中地区的竹林、华山松、杂木林这三类典型地表植被为研究对象, 基于机载高光谱影像数据, 通过对原始高光谱、一阶微分处理光谱、连续统去除处理光谱进行处理与对比分析, 获得滇中三类典型地表植被类型高光谱特征的初步探测认识。主要结果包括: (1) 基于对原始光谱特征分析得出, 三类典型地表植被的原始高光谱的最佳波段窗口出现在 690~946 nm, 且在该波段范围内光谱反射率特征为竹林>华山松>杂木林; (2) 运用一阶微分处理光谱特征分析得出, 利用光谱微分变换处理能够增强植被的光谱差异。经过一阶微分处理后光谱的最佳波段窗口出现在 670~774 nm, 在该波段范围内的一阶微分系数为竹林>华山松>杂木林。且发现 718 nm 为三类植被的敏感波段, 即可用 718 nm 敏感特征波段区分三类植被类型; 并且综合运用一阶微分光谱特征参数中的红边位置, 蓝边幅值、黄边幅值、红边幅值、蓝边面积、黄边面积和红边面积可以将三类植被类型进行区分; (3) 最后基于连续统去除处理光谱特征分析得出, 连续统去除方法能够有效地增强植被光谱曲线反射和吸收的特征。经过连续统去除处理后的光谱, 三类典型植被的最佳波段窗口在 458~554 和 570~690 nm, 这两个波段范围内的连续统去除系数均为竹林>华山松>杂木林, 且发现 502 和 674 nm 为三类典型植被的敏感波段, 即可用此特征综合区分三类植被类型。该研究结果有助于对滇中森林植被精细判别提供技术方法, 同时, 为今后发展天-地-空的高光谱影像数据一体化遥感植被精细分类提供技术支撑。

关键词 高光谱; 植被; 一阶微分; 连续统去除; 最佳波段窗口

中图分类号: P236 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2021)10-3208-06

引言

森林是陆地生态系统的重要组成部分^[1], 通过对森林植被进行遥感监测, 获取森林资源和森林生态系统数据对于森林的保护和管理具有重要意义^[2]。由于林业工作具有资源辽阔、通达性差、地形结构复杂、监测周期长等特征, 林业遥感成为了林业调查的重要途径与方式^[3]。高光谱遥感技术因其具有图谱合一的优势, 可实现空间信息、光谱信息和辐射信息的综合观测, 并且相较于传统多光谱遥感技术, 高光谱遥感可以实现对目标的精确识别^[4]。目前因为大部分星载高

光谱数据存在空间分辨率较低的问题, 而机载高光谱数据以其高空间分辨率、高光谱分辨率、高时间分辨率的优势, 成为林业遥感的重要数据源^[5]。

以地表覆被的森林植被为例, 通过对典型植被类型进行高光谱特征对比分析, 以建立和完善各地区植被的高光谱数据库, 对发展森林植被监测具有重要意义^[6]。基于植被响应高光谱曲线, 运用数学模型处理, 可以增强不同植被类型之间的光谱区分度, 获取最佳波段窗口及敏感波段, 对实现植被类型的精细判别十分必要。该领域的研究受到国内外学者的广泛关注, 如李^[7]等基于地物光谱仪对香格里拉市 4 种典型针叶树种实测数据进行微分变换处理, 以实现针叶树

收稿日期: 2020-09-23, 修订日期: 2021-01-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(41561083, 41861054), 云南省自然科学基金项目(2015FA016), 高分专项省域产业化应用项目(89-Y40G19-9001-18/20)资助

作者简介: 胡琳, 女, 1994年生, 昆明理工大学国土资源工程学院博士研究生 e-mail: hl112365@163.com

* 通讯作者 e-mail: 1193887560@qq.com

种的高光谱特征分析;周伟^[8]等通过对三江源区的典型毒杂草和牧草的地面实测高光谱数据进行 SG 平滑、包络线去除等处理,对光谱特征进行了分析;Rubio-Delgado^[9]等利用一阶导数和二阶导数运算,基于地面实测高光谱数据分析了西班牙橄榄园光谱辐射特征。通过综述分析可看出,目前基于野外定点实测高光谱数据分析研究有报道,但基于机载高光谱数据进行森林植被高光谱特征对比分析的研究较少。为此,本文基于机载高光谱影像数据,选择以滇中地区的竹林、华山松、杂木林三类典型地表植被类型为研究对象,通过对原始光谱、一阶微分处理光谱、连续统去除处理光谱进行高光谱特征差异分析,尝试基于机载高光谱影像数据,进行高光谱特征对比分析,有助于对滇中森林植被精细判别提供技术方法,同时,为今后发展天-地-空的高光谱影像数据一体化遥感植被精细分类提供技术支撑。

1 实验部分

1.1 数据及研究区

1.1.1 数据获取

高光谱影像数据的采集时间是 2019 年 12 月 17 日上午十点到下午三点之间,期间天气晴朗无云,处于较好的航飞条件。数据采集采用了搭载着 Cubert S185 高光谱成像仪器传感器的,具有 RTK 定位导航的六旋翼无人机进行低空规划航空拍摄,飞行规划航高设置为 120 m。镜头垂直于地面,无人机平行于主航线进行飞行。在获取正射影像时,通过地面监控设备,实时获取无人机航拍状态,确保无人机沿预定航线平稳飞行且影像清晰。每一景影像大小对应实地场景约为 36.4 m×36.4 m。总体上,数据源是运用 Cubert S185 机载高速成像光谱仪拍摄获取,该影像数据具有空间分辨率高

且光谱分辨率高的特点,可以较好地运用于植被的精细识别。该高光谱传感器可以获取 138 个光谱波段,光谱分辨为 3.5 nm,空间分辨率为 0.04 m,光谱范围为 450~998 nm^[10-12],本文主要采用了 450~946 nm 之间的 125 个波段。此外特别需要说明的是,本研究中主要选择了以所拍摄到的单景影像为数据源进行试验,为今后大尺度机载影像高光谱特征提取提供研究支持。

1.1.2 数据预处理

试验数据选取时,避开了无人机起飞和降落所对应的影像。用白板上的参考测量值和覆盖黑色塑料透镜盖的暗测量值对无人机高光谱影像进行辐射校正。在参考测量值和实际测量值中减去暗测量值,得到反射率值。由于本文所选用试验数据为单景影像,因此无需进行影像拼接与裁剪。为消除噪声,运用 Savitzky Golay 滤波平滑器,对数据进行光谱平滑,设置平滑窗口大小为 5×5。通过对机载高光谱影像数据进行 Savitzky Golay 滤波平滑,可以滤除受光照、大气等外界因素造成的噪声和受仪器性能导致的噪声,从而得到比较真实的原始光谱反射率。

1.1.3 研究区

昆明西山森林公园(24°57′—24°59′N, 102°37′—102°38′E)位于昆明市西郊的滇池湖畔,海拔 1 890~2 358.3 m,占地面积约为 16 km²^[13]。西山森林公园的植被类型丰富,植被分布较为集中,且受人为活动影响较小。通过实地勘察可以知道,研究区内主要植被类型为竹林、华山松、杂木林三类植被,通过对这三类植被进行均匀取样,各取植被特征明显的 10 个样本点,每个样本点大小为 5 px×5 px(像素),通过计算得到植被的平均光谱反射率,以绘制光谱曲线。研究区及取样本点布设位置如图 1 所示。

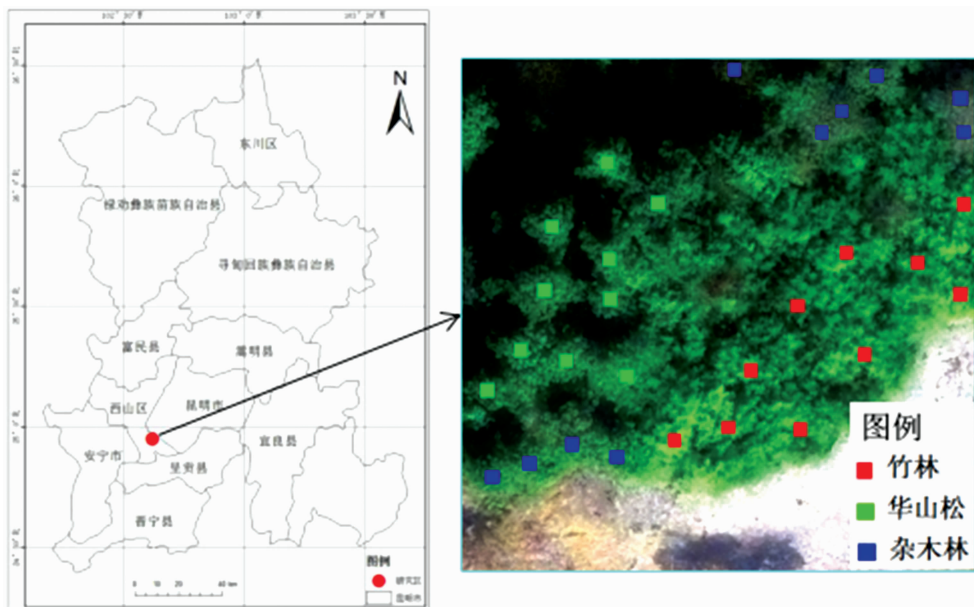


图 1 研究区及取样本点布设位置

Fig. 1 The location of the study area and the location of the sampling points

1.2 研究方法

1.2.1 一阶微分处理

运用式(1)对原始光谱进行一阶微分变换可以很好地消除大气效应,增强不同光谱波段的对比度^[14]。计算公式为

$$R'_i = \frac{R_{i+1} - R_{i-1}}{2\Delta\lambda} = \frac{dR_i}{d\lambda} \quad (1)$$

式(1)中, R_i 为 i 波段原始光谱反射率, $\Delta\lambda$ 为波长 λ_{i+1} 与 λ_i 间的距离。

为了能定量地反映滇中的三类典型地表植被间的光谱特征差异,选用 9 个常用的一阶微分光谱特征参数,其中位置变量 6 个,面积变量 3 个,其定义^[15]如表 1 所示。

表 1 一阶微分光谱特征参数及定义
Table 1 Characteristic parameters and definition of the first derivative spectrum

类型	样本量	符号	定义
位置变量	蓝边幅值	D_b	蓝边(490~530 nm)内一阶微分最大值
	蓝边位置	λ_b	蓝边幅值对应的波长
	黄边幅值	D_y	黄边(560~640 nm)内一阶微分最小值
	黄边位置	λ_y	黄边幅值对应的波长
	红边幅值	D_r	红边(680~760 nm)内一阶微分最大值
	红边位置	λ_r	红边幅值对应的波长
面积变量	蓝边面积	SD_b	蓝边范围内一阶微分值的总和
	黄边面积	SD_y	黄边范围内一阶微分值的总和
	红边面积	SD_r	红边范围内一阶微分值的总和

1.2.2 连续统去除处理

连续统去除是一种对原始光谱曲线归一化处理的方法,又称包络线去除^[16]。其定义为逐个点通过直线连接起吸收(反射)凸出的峰点,并使折线在峰值点上的外角大于 180° ,该方法使得经变换后的反射率值在 $0 \sim 1$ 之间。峰值点上的相对反射率均为 1,其他点相对反射率均小于 1。计算公式为

$$CR_j = \frac{R_j}{RC_j} \quad (2)$$

式(2)中, CR_j 为连续统去除光谱反射率, R_j 为原始光谱反射率, RC_j 为连续统线反射率。

表 2 连续统去除光谱特征参数及定义

Table 2 Characteristic parameters and definitions of the continuum removed spectrum

名称	符号	定义
最大吸收深度	D	吸收峰最大吸收值
吸收位置	P	吸收谷中反射率最小处的波长
总面积	A	起始和终止波长内的波段深度的积分
左面积	A_l	吸收位置左侧的波段深度的积分
右面积	A_r	吸收位置右侧的波段深度的积分
吸收对称度	S	吸收谷左、右面积的比值
面积归一化最大吸收深度	$NMAD$	吸收谷最大吸收值与吸收谷总面积的比值

经连续统去除处理后的光谱数据,提取 7 个连续统去除

的光谱的特征参数进行比较,其定义^[15]如表 2 所示。提取光谱特征参数可以定位光谱特征位置,并且量化吸收谷形状特征,便于定量地描述滇中的三类典型地表植被间的光谱特征差异。

2 结果与讨论

2.1 原始高光谱特征分析

利用机载高光谱影像采样数据得到研究区竹林、华山松、杂木林三类植被的原始高光谱曲线如图 2 所示。

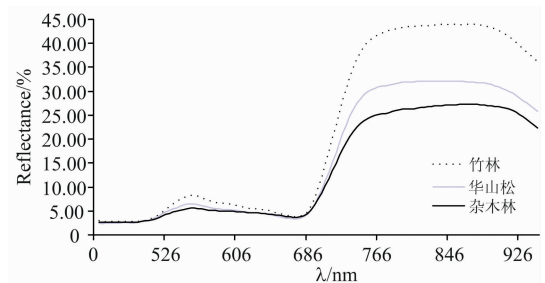


图 2 竹林、华山松、杂木林原始光谱曲线
Fig. 2 The original spectral curves of bamboo forest, armand pine and spinney

分析可知三类植被均遵循植被反射光谱的变化规律,即总体趋势为随着波长的增长,光谱反射率逐渐增大,再趋于平缓;在 $450 \sim 522$ 和 $662 \sim 690$ nm 范围内,三类植被的光谱曲线几乎重合,难以进行植被类型区分;而在原始高光谱曲线上三类植被均呈现出现了 2 个不同的峰值期间:在 $522 \sim 662$ nm 范围内,光谱反射率为竹林 $>$ 华山松 $>$ 杂木林,且在 554 nm 处,三类植被均出现有反射峰,其中竹林的峰值明显高于其他两类植被;在 $690 \sim 946$ nm 范围内,光谱反射率同样表现为竹林 $>$ 华山松 $>$ 杂木林,且反射率差异明显较大,因此更有利于对三类植被进行区别与判识。此外,在 $690 \sim 766$ nm 范围内,三类植被的光谱曲线均呈陡坡式增大,斜率较大;在 $766 \sim 914$ nm 范围内,三类植被的光谱曲线均较平缓,斜率较小;而在 $914 \sim 946$ nm 范围内,三类植被的光谱曲线均随着波长的增长在逐渐减小;在 870 nm 处为竹林光谱反射率的极大值,达 44.07% ;在 854 nm 处为华山松光谱反射率的极大值,达 32.16% ;在 866 nm 处为杂木林光谱反射率的极大值,达 27.34% 。

2.2 一阶微分处理光谱特征分析

为了使植被的光谱曲线变化特征更加显著,对竹林、华山松、杂木林三类植被的原始光谱曲线分别进行了一阶微分变换处理,得到三类典型植被的高光谱一阶微分变换曲线如图 3 所示。

观察曲线态势看出,三类植被的一阶微分光谱曲线总体趋势基本相似。在 $450 \sim 486$ nm 范围内,三类植被的一阶微分曲线几乎重合,并未出现明显特征;在 $486 \sim 554$ nm 范围内,三类植被的一阶微分系数均为正值,说明三类植被的光谱反射率与波长呈正相关,且竹林、华山松、杂木林分别在 $530, 522$ 和 522 nm 出现一阶微分曲线反射峰值;在 $554 \sim$

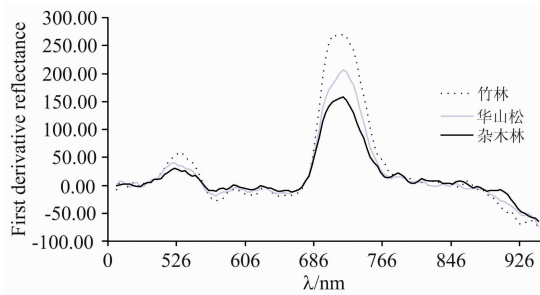


图 3 竹林、华山松、杂木林一阶微分光谱曲线

Fig. 3 The first derivative reflectance spectra of bamboo forest, armand pine and spinney

670 nm 范围内, 三类植被的一阶微分系数均为负值, 且以相似频率和幅度波动, 三类植被的光谱反射率均以相似斜率在随波长的增长而减小, 说明三类植被的光谱反射率与波长呈负相关; 在 670~774 nm 范围内, 一阶微分系数为竹林>华山松>杂木林, 特别是在 718 nm 处均出现有一阶微分曲线的反射峰极大值点, 亦即在 718 nm 处, 由于三类植被的一阶微分系数出现峰值且相差较大, 因此可以确定得出 718 nm 为区分三类植被的敏感特征波段, 其有利于对三类植被进行区别分类; 在 774~946 nm 范围内, 一阶微分曲线均随波长的增长, 由正值逐渐变为负值, 对应原始光谱曲线则表现为光谱反射率与波长由正相关逐渐变为负相关。

其次, 根据一阶微分光谱的常用 9 个特征参数处理方法, 分别提取得到研究区中竹林、华山松、杂木林这三类典型植被类型的一阶微分光谱特征相关 9 个参数测算结果如表 3 所示。

表 3 竹林、华山松、杂木林一阶微分光谱特征参数

Table 3 The first derivative spectral characteristic parameters of bamboo forest, armand pine and spinney

树种	竹林	华山松	杂木林
D_b	34.50~100.00	22.00~61.50	10.00~85.00
λ_b	530 nm	522 nm	522 nm
D_y	-16.50~-39.50	-7.50~-34.00	-0.50~-21.50
λ_y	570 nm	570 nm	570 nm
D_r	122.50~383.50	117.00~376.50	46.00~350.50
λ_r	718 nm	718 nm	718 nm
$S D_b$	159.00~635.50	149.00~454.50	58.00~455.50
$S D_y$	-144.50~-532.50	-112.00~-382.50	-9.00~-348.00
$S D_r$	1760.00~6135.00	1371.00~4987.00	657.50~4356.00

据表 3 数值对比进行特征对比分析可知: (1) 竹林、华山松、杂木林这三类典型植被类型的蓝边幅值 D_b 总体上减小, 蓝边位置 λ_b 在 530~522 nm 呈现绿移, 但不存在显著性差异; 三类典型植被的黄边幅值 D_y 总体上增大, 三类植被的黄边位置 λ_y 均为 570 nm; 三类典型植被的红边幅值 D_r 总体上增大, 且不同植被间差异较大, 三类植被的红边位置 λ_r 均为 718 nm。(2) 竹林、华山松、杂木林这三类典型植被的蓝边面积 $S D_b$ 、黄边面积 $S D_y$ 均有逐渐增大的趋势, 且不同

植被间差异较大; 红边面积 $S D_r$ 有逐渐减小的趋势, 且不同植被间差异较大。

由上述分析可知, 对于研究区的三类典型植被的一阶微分光谱特征的 9 个相关参数的比较, 即根据蓝边幅值、黄边幅值、红边幅值所对应的波段位置具有的相对同一性特征, 以及蓝边面积、黄边面积和红边面积所呈现出的不同类型之间的显著差异特征, 十分有利于对研究区中的竹林、华山松、杂木林进行敏感波段确定, 并可根据三种类型之间显著差异性进行分类区分和聚类识别。

2.3 连续统去除处理光谱特征分析

运用连续统去除法, 变换处理研究区中竹林、华山松、杂木林三类植被的原始高光谱后, 获得三类植被的连续统去除光谱曲线如图 4 所示。

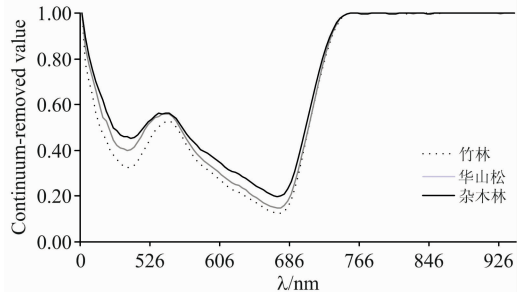


图 4 竹林、华山松、杂木林连续统去除光谱曲线

Fig. 4 Spectra of bamboo forest, armand pine and spinney after continuum removed

针对三类植被的连续统去除特征分析: 在 458~554 nm 范围内, 连续统去除系数为杂木林>华山松>竹林, 其中在 502 nm 处出现明显谷值, 说明在此波段位置处, 三类植被的连续统去除系数差异均较为明显, 可界定其为有利于进行三类植被区分的敏感特征波段之一; 在 570~690 nm 范围内, 连续统去除系数为杂木林>华山松>竹林, 其中在 674 nm 处出现明显谷值, 且为整体连续统去除光谱曲线的极小值, 说明在此波段位置处, 三类植被的连续统去除系数差异最为明显, 由此可探测确定其为有利于进行三类植被区分的重要敏感特征波段。

基于以上连续统去除线特征分析, 运用连续统去除光谱特征参数定义及测算方法, 对探测确定的最小谷值所对应的特征波段进一步深化处理与探索如下: 计算 546~750 nm 波段范围内的竹林、华山松、杂木林的连续统去除的光谱的特征参数, 整理结果如表 4 所示。

据表 4 数值对比进行特征分析可知: (1) 竹林、华山松、杂木林这三类典型植被类型的最大吸收深度 D 、总面积 A 、左面积 A_l 、右面积 A_r 的数值特征均呈现为: 杂木林>华山松>竹林; (2) 三类植被的 A 值差异较大, 有利于三类植被的分离性, 且三类植被的吸收位置 P 相邻集中在 674, 675, 和 676 nm; (3) 华山松和杂木林的吸收对称度 S 均接近 1, 表明吸收谷较为对称, 而竹林的吸收对称度 S 值为 0.913, 则呈左偏移; (4) 三类植被的面积归一化最大吸收深度 $NMAD$ 差异不大, 不易于三类植被的区分。

表 4 竹林、华山松、杂木林连续统去除光谱特征参数
Table 4 The continuum removed spectral characteristic parameters of bamboo forest, armand pine and spinney

	竹林	华山松	杂木林
<i>D</i>	0.125	0.147	0.197
<i>P</i>	674 nm	675 nm	676 nm
<i>A</i>	20.190	21.322	23.302
<i>Al</i>	9.633	10.499	11.795
<i>Ar</i>	10.557	10.822	11.507
<i>S</i>	0.913	0.970	1.025
<i>NMAD</i>	0.006	0.007	0.008

针对原始光谱曲线图在 450~522 和 662~690 nm 范围内所存在的三类典型植被的光谱曲线几乎重合,而难以进行三类植被类型的有效区分问题,通过对研究区中连续统去除光谱特征参数运用分析得出,通过总面积 *A* 参数特征可以尝试对研究区植被类型进行区分与识别。

3 结 论

基于机载高光谱影像数据,以滇中典型地表植被竹林、华山松、杂木林为研究对象,通过对三类植被的原始光谱、一阶微分处理光谱、连续统去除处理光谱的差异分析,得到如下结论:

(1) 基于对原始光谱特征分析发现:竹林、华山松、杂木林的原始光谱的最佳波段窗口为 690~946 nm,在该波段范围内光谱反射率为竹林>华山松>杂木林。

(2) 基于一阶微分处理光谱特征分析发现:竹林、华山松、杂木林的一阶微分处理光谱的最佳波段窗口为 670~774 nm,在该波段范围内一阶微分系数为竹林>华山松>杂木林。同时,在 718 nm 波段处均出现三类植被的一阶微分光谱曲线的反射峰极大值点,可用于三类植被的区分;通过对竹林、华山松、杂木林一阶微分光谱特征参数的分析,得出综合运用蓝边幅值、黄边幅值、红边幅值、蓝边面积、黄边

面积和红边面积分析技术,有利于探测获得对研究区典型植被类型敏感特征波段的位置确定,以及探测不同类别之间的波段差异化特性。

(3) 基于连续统去除处理光谱特征分析发现:竹林、华山松、杂木林的连续统去除处理光谱的最佳波段窗口为 458~554 和 570~690 nm。在 458~554 和 570~690 nm 范围内,连续统去除系数均为杂木林>华山松>竹林;并且在 502 nm 处出现明显吸收谷,在 674nm 处出现明显吸收谷且为连续统去除光谱曲线的极小值,这两个波段均可用于三类植被的区分。通过对竹林、华山松、杂木林连续统去除光谱特征参数的分析,得出可以尝试运用总面积来进行竹林、华山松、杂木林的区识别。

一阶微分法可以增强光谱曲线在坡度上的细微变化,便于提取光谱峰谷参数,此外,采用一阶微分法消除光谱间的系统误差,减少大气辐射、散射和吸收等背景噪声对目标光谱的影响。由于叶绿素光合作用,有效辐射吸收率的光谱特征常表现为弱吸收信号,采用连续统去除法将反射波谱归一化 0~1 的实数域中,使得可以在同一基准线上对比吸收特征,从而扩大原始光谱中由光合作用的有效辐射吸收引起的吸收特征微小变化。综合运用一阶微分法与连续统去除法进行高光谱曲线特征波段的识别,能够有效增强三类植被的光谱差异,突出敏感波段位置等信息,为进一步进行植被类型的精细识别提供基础。

本试验研究总体较为理想,更为复杂地表的植被覆盖类型的高光谱检测研究有待深化。所获取的三类植被的高光谱数据,因受到局地气候的影响,可能会存在一定程度上的差异,今后可以通过采集不同地区、同类植被的高光谱数据,以提高数据的普适性。同时,本文影像数据拍摄时间为 12 月中旬,并不是判别这三类植被的最佳时期,未来可以基于多时相的机载高光谱影像,进行植被多年份、多季度的动态变化分析,总结规律以丰富植被高光谱数据库,为基于高光谱特征的植被精细判别提供数据支撑。

References

- [1] Xu Z, Shen X, Cao L, et al. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2020, 92: 102.
- [2] Vaglio Laurin G, Puletti N, Grotti M, et al. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2020, 92: 102.
- [3] HUANG Hua-guo(黄华国). Journal of Beijing Forestry University(北京林业大学学报), 2019, 41(12): 1.
- [4] Wan L, Lin Y, Zhang H, et al. Remote Sensing, 2020, 12(4): 656.
- [5] Cao J, Leng W, Liu K, et al. Remote Sensing, 2018, 10(2): 89.
- [6] ZHANG Ying, ZHANG Xiao-li, WANG Shu-han, et al(张莹, 张晓丽, 王书涵, 等). Journal of Northwest A&F University(西北农林科技大学学报·自然科学版), 2016, 44(2): 83.
- [7] ZI Li, XIE Fu-ming, SHU Qing-tai, et al(字李, 谢福明, 舒清态, 等). Journal of Fujian Agriculture and Forestry University · Natural Science Edition(福建农林大学学报·自然科学版), 2019, 48(1): 55.
- [8] ZHOU Wei, LI Hao-ran, SHI Pei-qi, et al(周伟, 李浩然, 石佩琪, 等). Journal of Geo-information Science(地球信息科学学报), 2020, 22(8): 1735.
- [9] Rubio-Delgado J, Pérez C J, Vega-Rodríguez M A. Precision Agriculture, 2021, 22: 1.
- [10] Cao J, Leng W, Liu K, et al. Remote Sensing, 2018, 10(2): 89.
- [11] Adão T, Hruška J, Pádua L, et al. Remote Sensing, 2017, 9(11): 1110.
- [12] Cao J, Liu K, Zhu Y, et al. Remote Sensing, 2018, 10(12): 2047.

- [13] DUAN Hua-chao, LI Shuang-zhi, CHA Xiao-fei, et al(段华超, 李双智, 茶晓飞, 等). Journal of Fujian Agriculture and Forestry University · Natural Science Edition(福建农林大学学报·自然科学版), 2020, 49(3): 380.
- [14] ZHANG Su-lan, QIN Ju, TANG Xiao-dong, et al(张素兰, 覃菊, 唐晓东, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2019, 39(3): 865.
- [15] LI Zhe, GUO Xu-dong, GU Chun, et al(李喆, 郭旭东, 古春, 等). Journal of Remote Sensing(遥感学报), 2016, 20(2): 290.
- [16] LI Fen-ling, CHANG Qing-rui(李粉玲, 常庆瑞). Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery(农业机械学报), 2017, 48(7): 174.

Airborne Hyperspectral Features of Three Types of Typical Surface Vegetation in Central Yunnan

HU Lin¹, GAN Shu^{1,2*}, YUAN Xi-ping^{2,3}, LI Yan^{1,4}, LÜ Jie^{1,2}, YANG Ming-long^{1,2}

1. School of Land and Resources Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China

2. Yunnan Institute of Engineering Research and Application of Plateau Mountain Spatial Information Surveying and Mapping Technology, Kunming 650093, China

3. West Yunnan University of Applied Sciences, Dali 671000, China

4. Research Institute of Yunnan Bureau of Science, Technology and Industry for National Defence, Kunming 650118, China

Abstract Hyperspectral remote sensing technology has the advantages of map integration. And compared with the traditional multispectral remote sensing technology, it can realize the accurate identification of the target. Therefore, it is gradually applied to the detection of surface vegetation. In this paper, the three typical surface vegetations are bamboo forest, armand pine and spinney in central Yunnan, which were taken as the research objects. In order to get the hyperspectral features of three typical surface vegetation types in central Yunnan, based on the airborne hyperspectral image data, the original high spectrum, first-order differential treatment spectra and the continuum removal spectra were compared and analyzed. Results showed the following: (1) Based on the analysis of the original spectral features, the optimal band window of the original hyperspectral of the three typical surface vegetations appeared in 690~946 nm, and the spectral reflectance characteristics in this band range were bamboo forest>armand pine>spinney; (2) The analysis of spectral features by first-order differential processing shows that the spectral difference of vegetation can be enhanced by spectral differential transformation. After the first-order differential treatment, the optimal band window of the spectrum appeared in the range of 670~774 nm, and the first-order differential coefficient is bamboo forest>armand pine>spinney. Moreover, it was found that 718 nm was the sensitive band of the three types of vegetation, and the characteristic sensitive band of 718 nm could be used to distinguish the three types of vegetation. In addition, three types of vegetation types can be distinguished by comprehensively applying the characteristic parameters of the first-order differential spectrum, including the blue edge amplitude, the yellow edge amplitude, the red edge amplitude, the blue edge area, the yellow edge area and the red edge area. (3) Finally, based on the analysis of the spectral features of the continuum removal treatment, it is concluded that the continuum removal method can effectively enhance the spectral curve reflection and absorption features of vegetation. After the continuum removal, the optimal band window of the three typical vegetations was between 458~554 and 570~690 nm. In the range of these two bands, the first-order differential coefficient is bamboo forest>armand pine>spinney. Moreover, it was found that 502 and 674 nm were sensitive bands of the three types of vegetation, and this feature could be used to distinguish the three types of vegetation comprehensively. The research results of this paper are helpful to provide technical methods for the fine discrimination of forest vegetation in central Yunnan. At the same time, it will provide technical support for the future development of integrated remote sensing vegetation fine classification of space-ground-air hyperspectral image data.

Keywords Hyperspectrum; Vegetation; First derivative; Continuum removal; Optimum band window

* Corresponding author

(Received Sep. 23, 2020; accepted Jan. 26, 2021)