

◆特邀栏目◆

基于高分五号卫星数据的红树林群落光谱特征分析*

龙佳佳, 钟仕全**, 初爱萍, 吕 涛, 袁羽杰

(南宁师范大学地理科学与规划学院, 广西南宁 530001)

摘要:为解决高分五号(GF-5)高光谱数据空间分辨率较低的问题,本研究采用葛拉姆-施密特(Gram-Schmidt, GS)正交变换融合算法对GF-5高光谱数据与高分二号(GF-2)数据进行空谱融合,利用1 m分辨率的GF-5高光谱数据结合实地样本数据提取不同红树林群落与互花米草群落的平均反射率,通过包络线去除与一阶微分计算的方法分析不同红树林群落与互花米草群落的复合光谱特征,从光谱特征探讨红树林群落的可分性。结果表明,在原始光谱曲线680-900、980-1 320、1 530-1 750 nm区间4种群落的光谱差异最大;经过包络线去除与一阶微分计算后的4种群落的光谱反射率分别在1 170-1 400 nm与1 330-1 470 nm波长范围处表现出明显差异。综上可知,不同红树林群落与互花米草的光谱反射率在近红外波段范围内的差异性最大,近红外波段可作为识别不同红树林群落与互花米草的优势波段。

关键词:红树林;光谱分析;高光谱遥感;高分五号;高分二号

中图分类号:TP701 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2023)05-0993-08

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20231121.017

红树林是生长在热带、亚热带潮间带的浅滩和沿海河口泥滩上的木本植物群落,是以红树林植物为主的常绿乔木或灌木群落,是沿海生态保护的第一道屏障,也是重要的湿地生态系统之一。红树林群落可以由单一的红树林植物形成,也可以由不同的红树林植物通过长期的竞争和相互适应共同形成一个相对稳定的植物群落,探讨红树林植物群落的结构及其分布差异有利于维持沿海红树林生态系统的稳定及其生态功能^[1-3]。随着遥感和对地观测技术的发展,越来

越多的遥感平台、传感器和分类方法运用到红树林遥感动态监测中来^[4-7]。高光谱数据具有强大的光谱细节表现能力,在滨海湿地复杂地物的识别和分类中被证明具有较高的精度^[8-10]。

随着高光谱影像数据的不断发展,越来越多的卫星高光谱数据与无人机高光谱数据被应用于地物的精细探测,为红树林的识别与分类提供了基础条件。肖海燕等^[11]使用Hyperion数据并基于决策树和高光谱分析的组合方法对深圳市福田区进行红树林群

收稿日期:2023-03-31

修回日期:2023-06-01

*国家自然科学基金-广西联合基金重点支持项目“北部湾红树林湿地变化高分遥感智能提取与修复保护空间优化研究”(U21A2022)资助。

【第一作者简介】

龙佳佳(1998-),女,在读硕士研究生,主要从事生态遥感应用研究,E-mail:2548035449@qq.com。

【通信作者简介】**

钟仕全(1964-),男,正高级工程师,主要从事卫星遥感应用、生态遥感应用研究,E-mail:zhongshq@sina.com。

【引用本文】

龙佳佳,钟仕全,初爱萍,等.基于高分五号卫星数据的红树林群落光谱特征分析[J].广西科学,2023,30(5):993-1000.

LONG J J,ZHONG S Q,CHU A P,et al.Spectral Characteristics Analysis of Mangrove Community Based on Gaofen-5 Satellite Data [J].Guangxi Sciences,2023,30(5):993-1000.

落信息提取, 结果表明高光谱成像遥感技术为红树林群落的区分提供可能; Ashokkumar 等^[12]使用 Hyperion 高光谱数据对印度 Bhitarkanika 国家公园的红树林群落进行识别与分类, 并通过 3 种全像素分类方法进行比较, 证明了支持向量机 (Support Vector Machine, SVM) 分类方法的精度最高; 边福强等^[13]利用珠海一号卫星高光谱数据, 通过综合 NDWI-NDVI 指数阈值法对广东沿海地区的红树林采取 4 种监督分类方法进行遥感提取, 实现高精度红树林遥感提取与分析; Vidhya 等^[14]利用 Hyperion 高光谱遥感数据对印度南部的 Thuraikkadu 保护区内红树林的健康状况进行分析评价, 证明了高光谱数据在植被健康评价方面也具有巨大潜力。

我国自主研发搭载的先进高光谱成像仪 (Advanced Hyperspectral Imager, AHSI) 高分五号 (GF-5) 卫星的成功运行, 为实现目标物的精细提取提供了新的高光谱数据集。然而, 目前高光谱成像技术受到硬件设备、现实物理条件和成本等因素的限制, 导致高光谱图像的空间分辨率仍然较低, 无法同时满足获取观测对象高分辨率空间信息和光谱信息的应用要求。而空谱融合技术可以充分融合不同传感器数据在空间和光谱维度上的信息, 获得同时具有高空间分辨率和高光谱分辨率的融合图像^[15-17]。目前常用的融合算法有成分替换法、多分辨率分析法、基于子空间法与基于图像映射法。有部分学者对 GF-5 数据空谱融合做出了很多贡献, 如张立福等^[18]对 GF-5 高光谱数据融合方法进行了探讨比较, 发现相融合图像属于同一系列且空间分辨率相差越小, 则融合效果越好; 王海荣等^[19]利用波段自适应细节注入的 GF-5 与 Sentinel-2 遥感影像进行空谱融合, 证明了该方法是一种兼具高空间分辨率与高光谱保真度的高光谱图像融合方法。本研究从简单便捷且容易实现的角度出发, 选择能快速实现融合的葛拉姆-施密特 (Gram-Schmidt, GS) 正交变换融合算法。

GF-5 高光谱数据不仅光谱分辨率高, 而且宽幅 (60 km) 大, 在红树林群落特征提取和种间分类方面具有天然的优势和潜力^[20]。因此, 利用我国自主研发的 GF-5 高光谱数据和高分二号 (GF-2) 数据的空谱融合影像作为数据源对红树林群落的光谱特征进行提取, 可为实现红树林群落保护提供数据支撑, 并对实现国产卫星数据的有效应用具有十分重要的现实意义和创新意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

广西山口红树林生态国家级自然保护区 (东经 109°37'22.10" - 109°47'02.59", 北纬 21°28'20.65" - 21°36'59.08") 总面积为 8 003 hm², 主要由广西北海市合浦县沙田半岛的英罗港片区和丹兜海片区组成。其中, 英罗港片区面积为 2 868.20 hm², 丹兜海片区面积为 5 134.80 hm²。本研究主要以丹兜海片区为研究区。

1.2 数据源

GF-5 卫星于 2018 年 5 月 9 日在太原卫星发射中心成功发射, 是中国高分辨率对地观测计划中的第 5 颗卫星。GF-5 卫星搭载了一台先进高光谱成像仪载荷, 该载荷具有光谱分辨率高、太阳跟踪精度高、光谱定标精度高等技术特点^[21,22]。国产 GF-2 卫星于 2014 年 8 月 19 日发射成功, 其空间分辨率优于 1 m, 同时还具有高辐射精度、高定位精度和快速姿态机动能力等特点^[23]。遥感图像数据的参数如表 1 所示。

表 1 GF-5 和 GF-2 的数据特征

Table 1 Data characteristics of GF-5 and GF-2

卫星 Satellite	载荷 Load	波段名称 Band name	光谱波长 范围/nm Spectral wavelength range/nm	空间分辨 率/m Spatial resolution/m
GF-5	AHSI	VINR	400 - 900	30
		SWIR	900 - 2 500	30
GF-2	PAN PMS1	Band 1	450 - 890	1
		Band 1-blue	450 - 520	4
		Band 2-green	520 - 590	4
		Band 3-red	630 - 690	4
		Band 4-NIR	770 - 890	4

1.3 方法

高光谱遥感图像的像元光谱是综合反映地面物体光谱反射辐射信息、地形效应、大气辐射传输效应、传感器扫描系统和其他因素之间相互作用的结果。一般来说, 不同地物的光谱特征不同, 而地物之间的光谱差异是识别提取不同地物的关键。为了从影像中获取地面物体的真实反射光谱, 需要对相关数据进行定标和大气修正等预处理操作, 主要预处理流程参照 ENVI 遥感影像处理软件标准影像处理方法。图 1 为本研究主要技术路线图, 将 GF-2 融合数据重采样至 1 m 分辨率并且与 GF-5 高光谱影像数据进行空间配准, 选用 GS 正交变换融合算法将二者进行融合, 得到 1 m 分辨率的 GF-5 高光谱影像数据, 用于提取 3 种红树林群落与互花米草 (*Spartina alterni-*

flora) 群落的光谱特征并进行群落特征分析。

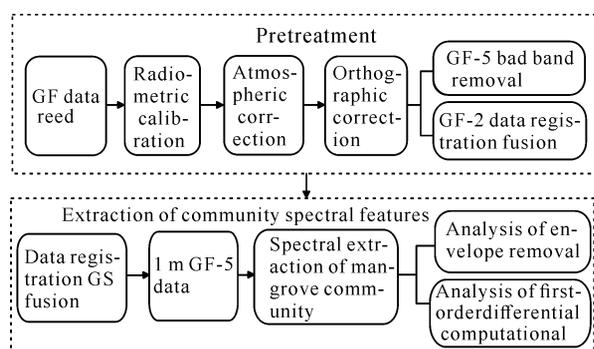


图1 技术路线

Fig. 1 Technical roadmap

1.3.1 GS 正交变换融合算法

利用GS正交变换融合算法(以下简称“GS融合算法”)将30 m分辨率的GF-5数据与1 m分辨率的GF-2数据进行融合,选取时间越相近的图像进行融合处理所得到的融合数据效果越佳。GF-5数据影像成像时间为2019年11月6日,GF-2数据影像成像时间为2019年9月25日,时间间隔为41 d。在此期间互花米草群落正处于生长的旺盛期,是提取其光谱特征的重要时期,并且红树林群落结构的光谱特征也比较稳定。GS融合算法是利用GS正交变换对图像进行变换,消除各频段之间的相关性,并且保留相似的信息量,改善主成分分析法信息过于集中的问题。在遥感图像融合中,GS正交变换不受波段数的限制。因此,GS正交变换的融合方法在波段数较多的高光谱遥感影像中也适用^[24]。GS融合算法基本流程如图2所示,该算法可以融合任意波段数量的遥感图像,简单高效地提高了图像的空间分辨率。然而,GS融合算法的融合效果依赖于使用的高光谱图像所模拟的图像,当高空间分辨率图像和被替换的模拟图像之间的相关性越大时,融合结果图像的光谱失真就越小。因此使用GS正交变换的融合效果不稳

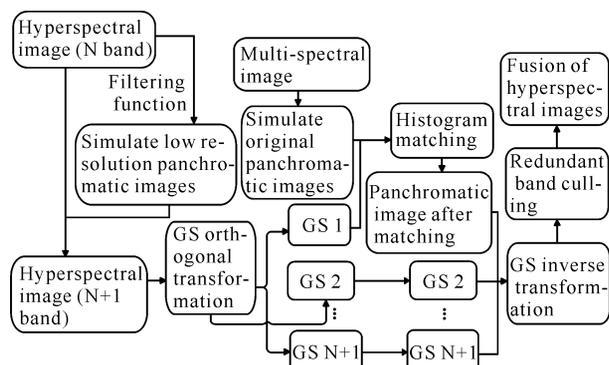


图2 GS融合算法基本流程

Fig. 2 Basic flow of GS fusion algorithm

定,特别是在应用于高光谱图像融合时仍有很大的提升空间^[25]。

1.3.2 红树林群落光谱特征提取

1.3.2.1 红树林群落划分

通过查阅保护区资料并结合大量实地样本数据可知,丹兜海研究区内红树林树种多为桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、红海榄(*Rhizophora stylosa*)、秋茄(*Kandelia obovata*)、木榄(*Bruguiera gymnorhiza*)、白骨壤(*Avicennia marina*)等。潘良浩等^[26]研究发现广西北部湾红树林群落类型大致分为11个群系,每个群系又可分为若干群丛。本研究从保护红树林群落稳定性的角度出发,将研究区丹兜海海域内生长比较稳定的种群分为白骨壤群系、红海榄群系、秋茄群系、木榄群系、桐花树群系,其中红海榄群系属于丹兜海和英罗港特有的纯种红树林群落,在丹兜海片区还生长着一定面积的互花米草群落。

1.3.2.2 样本点选取

考虑到红树林种间的光谱相似性以及红树林群落生长的复杂性,在丹兜海海域内通过高分辨率影像结合地图选点的方式选取实地面积大于20 m²的群落作为一个样本点,每类群落选取20个样本点,共选取80个样本点,采样点分布如图3所示。

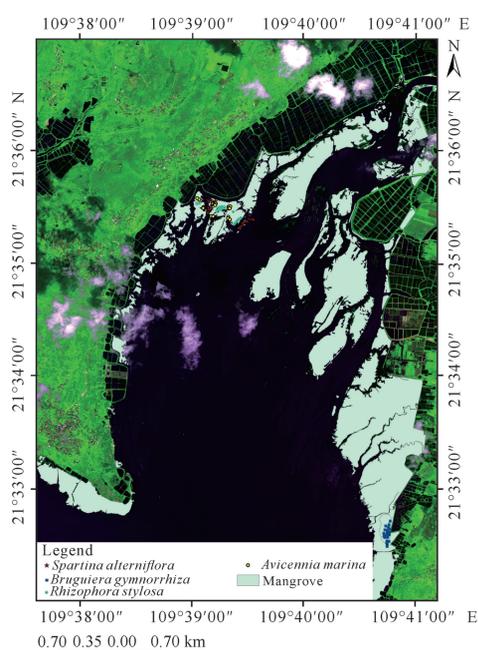


图3 研究区采样点分布

Fig. 3 Distribution of sampling points in the study area

将卫星影像数据与实地样本数据作为采样点的选点基础,得出3种红树林群落与互花米草群落,分

别是以红海榄为主的群落 A、以白骨壤为主的群落 B、以互花米草为主的群落 C 和以木榄为主的群落 D。采样点群落特征如图 4 所示, 红海榄群落 A 的纹理粗糙且呈小颗粒形状, 白骨壤群落 B 纹理粗糙且有毛糙感, 互花米草群落 C 纹理较光滑且呈灰绿色, 木榄群落 D 呈簇状。

每个样本点记录的信息包括经纬度、树种组成、树高以及成林面积等。为得到样本点不同群落的光谱曲线, 本研究根据获取的样本点经纬度信息提取 1 m GF-5 高光谱影像对应像元的光谱曲线信息, 得到研究区内 3 种典型红树林群落与互花米草群落的光谱曲线。

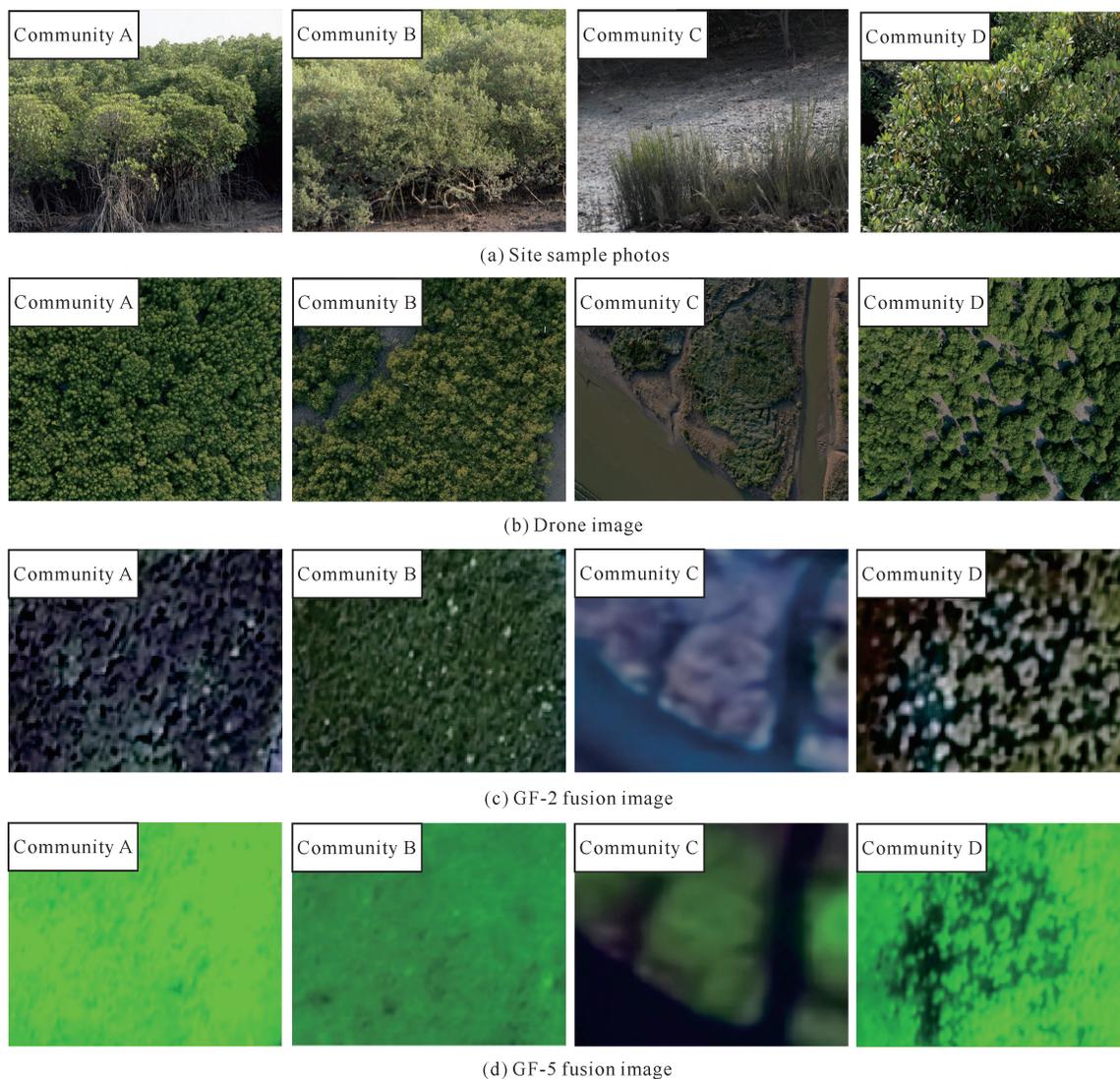


图 4 研究区采样点特征

Fig. 4 Characteristics of sampling points in the study area

1.3.3 红树林群落光谱曲线变换

为进一步探究红树林群落之间的光谱差异, 本研究对提取的光谱数据进行包络线去除和一阶微分计算。通过包络线去除法可以有效体现光谱曲线的吸收、反射和发射特征, 并将其归一到一个一致的光谱背景上, 这样有利于将其与其他光谱曲线进行特征数值的比较^[27-29]。通过一阶微分计算可以去除原始波段的背景噪声, 增加不同类型吸收特征的对比度, 揭示目标地形反射率的内在特征^[30,31]。

包络线去除(连续统去除)公式如下:

$$CR_i = \frac{R_i}{RH_i}, \quad (1)$$

式中, CR_i 表示波段 i 处的连续统去除值, R_i 表示波段 i 处的反射率光谱, RH_i 表示波段 i 处的直线反射率光谱。

一阶微分计算公式如下:

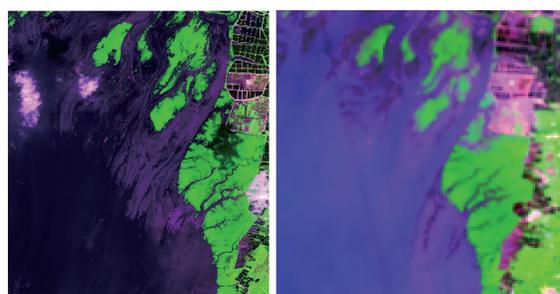
$$FRD_{nt} = \frac{dR}{dn} = \frac{R_{n+1} - R_{nt}}{\Delta n}, \quad (2)$$

式中, FRD_n 表示第 n 个波段和第 $n+1$ 个波段间的一阶微分光谱, R_n 表示第 n 个波段处的原始光谱反射率, nt 对应每个波段的波长, Δn 表示前后两个波段的波长间隔。

3 结果与分析

3.1 GS 融合效果分析

从可视性角度分析, GF-2 GS 融合 1 m 影像选择 3、4、2 波段进行组合, GF-5 30 m 影像选择 60、90、30 波段进行组合, GF-2 和 GF-5 GS 融合 1 m 影像选择 60、90、30 波段合成影像。图 5 为融合前后样本区的部分高光谱图像, 可以看出分辨率提高后各类地物的清晰度以及明亮度得到增强, 特别是目标地物红树林的纹理细节与辨识度得到明显提升, 但也有部分虾塘颜色失真。综合来说, GS 融合图像的效果较好, 目标地物的光谱保真性高。



(a) GF-2 GS fusion 1 m image (b) GF-5 30 m image

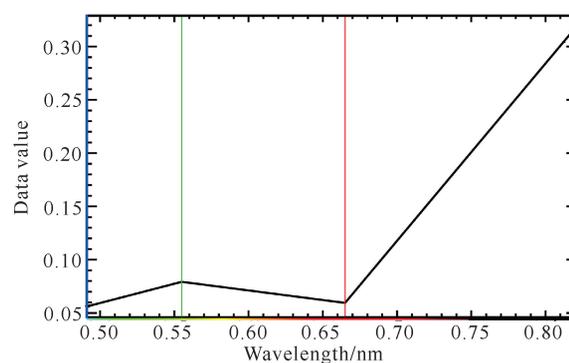


(c) GF-2 and GF-5 GS fusion 1 m image

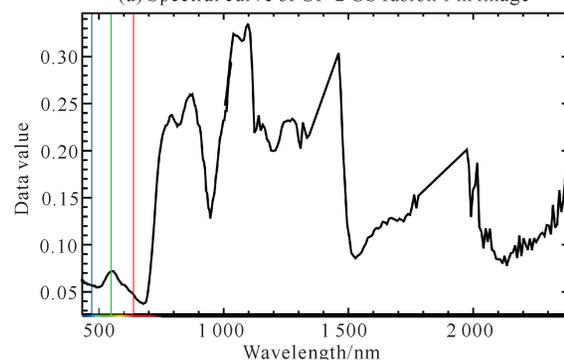
图 5 研究区部分 GS 融合影像

Fig. 5 Partial GS fusion images in the study area

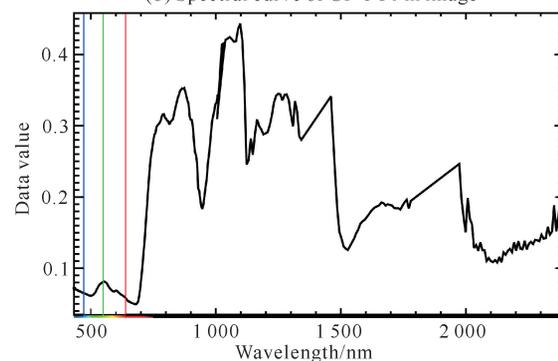
以 GF-2 与 GF-5 预处理数据为基础提取影像上的红树林光谱曲线, 分别如图 6(a)、(b) 所示。参考翁强^[32]、袁晶贤^[33]的研究可以得知本研究提取的红树林光谱曲线符合典型红树林的光谱特征, 证明影像数据的可靠性。GF-5 数据融合前后的光谱曲线分别如图 6(b)、(c) 所示, 可以看出融合后的 GF-5 数据的红树林反射率整体提高 0.05 左右。



(a) Spectral curve of GF-2 GS fusion 1 m image



(b) Spectral curve of GF-5 30 m image



(c) Spectral curve of GF-2 and GF-5 GS fusion 1 m image

图 6 红树林群落光谱曲线

Fig. 6 Spectral curves of mangrove community

总体来说, 通过 GS 融合后的 GF-5 高光谱图像的纹理特征得到改善, 光谱保真性较好, 信息损失少。

3.2 红树林群落光谱特征

3.2.1 原始光谱曲线分析

提取 4 种群落的光谱特征并计算均值, 结果如图 7 所示。从图 7 可以看出样本区红树林群落、互花米草群落的光谱特征与绿色植物光谱特征的曲线方向大致相同, 反射率的峰谷值出现在大致相同的波段。在 550 nm 可见光波段的绿光范围处出现了一个小的反射峰, 而在 690 nm 的红光波段处形成一个强吸收谷, 这都是叶绿素对蓝光和红光的吸收作用强的表现。在 700 - 760 nm 可见光波段处, 由于受到红树林叶片的影响而形成陡峭的反射坡。此外, 在

1 300–2 500 nm 区间内近红外波段的光谱反射率缓慢下降,这是因为光谱反射受到红树林含水量的影响,在近红外波段吸收率增大,特别是在 1 450、1 950 nm 处形成了水的吸收带。前述对以上群落反射率光谱曲线的分析,证明了提取的光谱信息符合湿地植被规律,提取的红树林群落与互花米草群落光谱曲线是完整的,证明了样本的真实性与可用性。

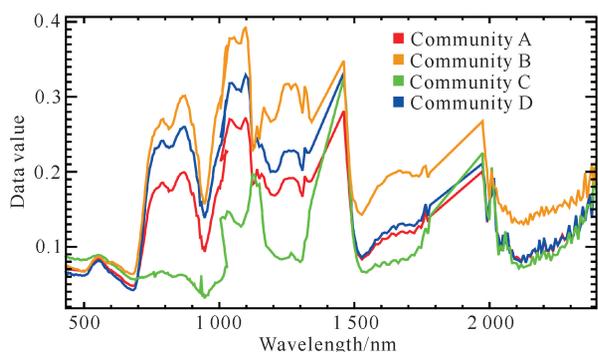


图7 4种群落的均值光谱曲线

Fig. 7 Spectral curve of the mean value of 4 communities

通过进一步分析 4 种群落的光谱差异可知,群落 A 与群落 D 的光谱反射率在可见光区域较为相似,主要的可分区间在 800–1 400 nm 的近红外波段处,在此区间红海榄群落反射率小于木榄群落。群落 B 在波长 720–1 450 nm 处的光谱反射率高于其他红树林群落,其中在 1 000–1 100 nm 区间内反射率达到最大值。群落 C 的光谱曲线与红树林群落相比光谱差异非常明显,在 700–1 000 nm 区间内其光谱反射率低于红树林群落,具有明显的可分区间。此外,4 种群落在某些波段上存在显著差异,反映了它们不同的光谱特征。因此,可以选择差异显著的波段作为不同红树林群落的光谱分类区间,分别为 680–900、980–1 320、1 530–1 750 nm。

3.2.2 包络线去除分析

包络线的节点就是原始谱曲线凸出的峰值点,从包络线去除的反射率光谱图(图 8)可以看出,4 种群落的光谱曲线具有明显差异。在可见光区域的 500–550 nm 与 600–700 nm 区间内 4 类群落分别出现小峰值与低谷。在 1 170–1 400 nm 区间内 4 种群落的光谱差异性最显著,具有明显的可分性,反射率表现为白骨壤群落>木榄群落>红海榄群落>互花米草群落。

3.2.3 一阶微分计算分析

原始光谱曲线变换后得到的微分光谱曲线可以反映植物光谱曲线在一段时间内的变化率,是判断植物差异的重要依据。由图 9 可以看出,4 种群落的一

阶微分光谱曲线正负值交替出现,当其值为正值时表示在此区域反射率呈增长趋势,为负值时则相反。整体来看,经过一阶微分计算后的 4 种群落在 1 330 nm 波长处光谱反射率增速达到最快,在 1 470 nm 波长处反射率减速达到最快。

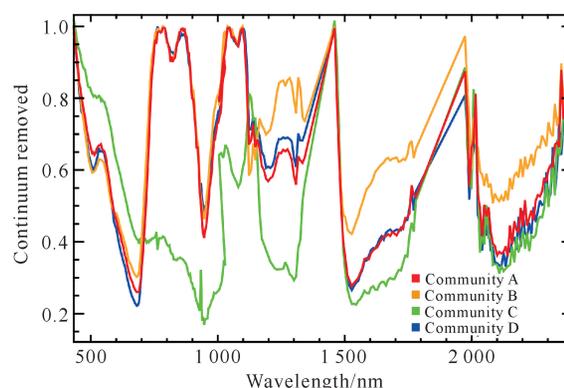


图8 4种群落的包络线去除光谱曲线

Fig. 8 Envelope removal spectral curve of 4 communities

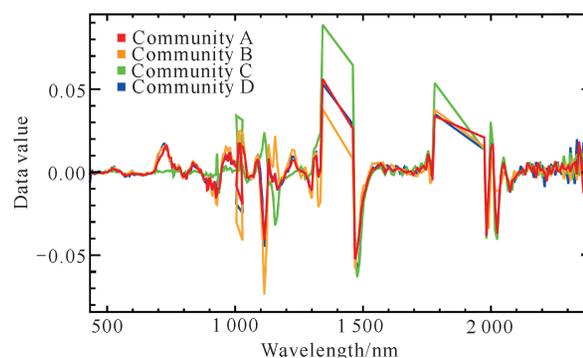


图9 4种群落的一阶微分光谱曲线

Fig. 9 First-order differential spectral curve of 4 communities

4 结论

红树林群落的分布结构可作为地方政府决策和红树林保护、育种、修复以及碳储量计算的基础,因此探讨红树林的群落分布结构十分必要。本研究通过提取 3 种红树林群落与互花米草群落的光谱特征并从光谱差异上探讨红树林群落的可分性,主要结论如下。

①3 种红树林群落与互花米草群落之间的光谱特征结果显示,在原始光谱曲线 680–900、980–1 320、1 530–1 750 nm 区间内 4 种群落的光谱差异性最大;在包络线去除的 1 170–1 400 nm 区间内 4 种群落的光谱差异性最显著;在一阶微分计算的 1 330–1 470 nm 波长范围内光谱反射率变化最大。在近红外波段内不同红树林群落与互花米草的差异

性最大,可将近红外波段应用于不同红树林群落与互花米草的优势波段识别中。

②GS融合数据提高了GF-5高光谱数据的空间分辨率,图像的纹理特征得到改善,光谱保真性较好,信息损失较少,证明GF-5国产卫星可与GF-2卫星通过空谱融合提高自身的空间分辨率。

③GF-5高光谱数据在实现红树林等植被的精细分类方面有巨大的应用潜力。

综上可知,不同红树林群落之间存在光谱可分性,可为红树林群落的护理提供依据。但也存在不足:高光谱数据融合方法还可以进一步改进,可选用较新的融合方法进行试验;红树林树种存在混生现象,对复杂红树林混生区进行单一树种的光谱提取存在一定的难度。下一步研究将从典型红树林群落的光谱差异性出发,结合其物候特征和健康状态等因素考虑红树林群落划分的实际应用。

参考文献

- [1] 生农,辛琨,廖宝文.红树林湿地生态功能及其价值研究文献学分析[J].湿地科学与管理,2021,17(1):47-50.
- [2] 吴后建,刘世好,贺东北,等.中国红树林监测研究进展与展望[J].湿地科学与管理,2022,18(1):69-72.
- [3] 林鹏,胡继添.广西的红树林[J].广西植物,1983,3(2):95-102.
- [4] 贾凯,陈水森,蒋卫国.粤港澳大湾区红树林长时间序列遥感监测[J].遥感学报,2022,26(6):1096-1111.
- [5] 蒙良莉,凌子燕,蒋卫国,等.基于Sentinel遥感数据的红树林信息提取研究:以广西茅尾海为例[J].地理与地理信息科学,2020,36(4):41-47.
- [6] 唐焕丽,刘凯,朱远辉,等.基于WorldView-2数据和支持向量机的红树林群落分类研究[J].中山大学学报(自然科学版),2015,54(4):102-111.
- [7] 闻馨,贾明明,李晓燕,等.基于无人机可见光影像的红树林冠层群落识别[J].森林与环境学报,2020,40(5):486-496.
- [8] 于泉洲,王绍强,黄昆,等.基于Hyperion高光谱数据的温带森林不同冠层结构的光谱特征分析[J].光谱学与光谱分析,2015,35(7):1980-1985.
- [9] SUN W W,LIU K,REN G B,et al. A simple and effective spectral-spatial method for mapping large-scale coastal wetlands using China ZY1-02D satellite hyperspectral images [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2021, 104: 102572.
- [10] 于祥,赵冬至,张丰收,等.红树林高光谱分析技术研究[J].滨州学院学报,2006(6):53-56.
- [11] 肖海燕,曾辉,咎启杰,等.基于高光谱数据和专家决策法提取红树林群落类型信息[J].遥感学报,2007,11(4):531-537.
- [12] ASHOKKUMAR L,SHANMUGAM S. Hyperspectral band selection and classification of Hyperion image of Bhitarkanika mangrove ecosystem, eastern India [C]//Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering. [S. l.]:SPIE,2014:393.
- [13] 边福强,王晓宇,杨志,等.应用珠海一号卫星高光谱数据的红树林遥感提取方法[J].航天器工程,2021,30(6):182-187.
- [14] VIDHYA R,VIJAYASEKARAN D,FAROOK M A, et al. Improved classification of mangroves health status using hyperspectral remote sensing data [C]// Technical Commission VIII Symposium, Hyderabad, India:ISPRS,2014:667-670.
- [15] 童庆禧,张兵,张立福.中国高光谱遥感的前沿进展[J].遥感学报,2016,20(5):689-707.
- [16] 简季,江洪,江子山.川西北米亚罗地区雪积/雪融光谱测量及光谱分析[J].光谱学与光谱分析,2011,31(5):1361-1365.
- [17] 马谦映.基于高分专项卫星数据的时空融合方法应用分析[D].太原:太原理工大学,2018.
- [18] 张立福,赵晓阳,孙雪剑,等.高分五号高光谱数据融合方法比较[J].遥感学报,2022,26(4):632-645.
- [19] 王海荣,郭擎,李安.波段自适应细节注入的高分五号与Sentinel-2遥感影像空谱融合[J].中国图象图形学报,2021,26(8):1896-1909.
- [20] 季超.GF-5高光谱数据预处理及地物特征提取方法分析[D].北京:中国地质大学(北京),2020.
- [21] 孙允珠,蒋光伟,李云端,等.“高分五号”卫星概况及应用前景展望[J].航天返回与遥感,2018,39(3):1-13.
- [22] 陈良富,尚华哲,范萌,等.高分五号卫星大气参数探测综述[J].遥感学报,2021,25(9):1917-1931.
- [23] 潘腾.高分二号卫星的技术特点[J].中国航天,2015(1):3-9.
- [24] 李存军,刘良云,王纪华,等.两种高保真遥感影像融合方法比较[J].中国图象图形学报,2004,9(11):1376-1385.
- [25] 张涛,刘军,杨可明,等.结合Gram-Schmidt变换的高光谱影像谐波分析融合算法[J].测绘学报,2015,44(9):1042-1047.
- [26] 潘良浩,史小芳,曾聪,等.广西红树林的植物类型[J].广西科学,2018,25(4):352-362.
- [27] 王涛,喻彩丽,张楠楠,等.基于去包络线和连续投影算法的枣园土壤电导率光谱检测研究[J].干旱地区农业研究,2019,37(5):193-199,217.

- [28] 谢伯承, 薛绪掌, 刘伟东, 等. 基于包络线法对土壤光谱特征的提取及其分析[J]. 土壤学报, 2005, 42(1): 171-175.
- [29] 丁丽霞, 王志辉, 葛宏立. 基于包络线法的不同树种叶片高光谱特征分析[J]. 浙江林学院学报, 2010, 27(6): 809-814.
- [30] 陈彦兵, 况润元, 曾帅. 基于高光谱数据的鄱阳湖湿地典型植被识别分析[J]. 人民长江, 2018, 49(20): 19-23.
- [31] 王志辉. 高光谱遥感在森林树种识别中的应用[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2011.
- [32] 翁强. 红树植物光谱特征和红树植物的遥感图像分类研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2007.
- [33] 袁晶贤. 红树林优势种高光谱遥感识别方法研究: 以广东省典型区为例[D]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2021.

Spectral Characteristics Analysis of Mangrove Community Based on Gaofen-5 Satellite Data

LONG Jiajia, ZHONG Shiquan, CHU Aiping, LÜ Tao, YUAN Yujie

(School of Geography and Planning, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi, 530001, China)

Abstract: In order to solve the problem of low spatial resolution of GF-5 hyperspectral data, Gram-Schmidt (GS) orthogonal transformation fusion algorithm was used to carry out spectral-spatial fusion between GF-5 hyperspectral data and GF-2 data. The average reflectance of different mangrove communities and *Spartina alterniflora* communities was extracted by using GF-5 hyperspectral data with 1 m resolution combined with field sample data. The composite spectral characteristics of different mangrove communities and *S. alterniflora* communities were analyzed by envelope removal and first-order differential calculation. The separability of mangrove communities was discussed from the spectral characteristics. The results showed that the spectral differences between the four communities were the greatest in the original spectral curves of 680–900, 980–1 320 and 1 530–1 750 nm. After envelope removal and first-order differential calculation, the spectral reflectance of the four communities was significantly different in the wavelength range of 1 170–1 400 nm and 1 330–1 470 nm, respectively. In summary, the spectral reflectance of different mangrove communities and *S. alterniflora* is the most different in the near-infrared band range, which can be used as the dominant band to identify different mangrove communities and *S. alterniflora*.

Key words: mangrove; spectral analysis; hyperspectral remote sensing; GF-5; GF-2

责任编辑: 唐淑芬



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxkx@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxkx.ijournal.cn/gxkx/ch>