

基于地物光谱可分性的 CHRIS 高光谱影像波段选择及其分类应用

吴培强, 张 杰, 马 毅, 任广波

(国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

摘要: 本文以黄河口湿地为研究区, 应用覆盖该区域的 CHRIS 高光谱遥感影像, 提出了一种基于地物光谱可分性的滨海湿地高光谱影像波段选择方法。该方法利用研究区的 7 种典型地物的 110 余条现场实测地物光谱曲线, 通过分析比对地物两两之间的光谱可分度, 确定地物类型之间的光谱可分区间, 基于此选取 CHRIS 高光谱影像的地物分类特征波段, 应用三种经典的监督分类方法(支持向量机法 SVM、人工神经网络法 ANN 和光谱角制图法 SAM)开展利用全波段的和利用本文方法选择特征波段的分类对比实验。结果表明: (1)基于光谱可分性特征波段的方法较全波段分类精度有所提高, 其中 ANN 分类精度最高, 为 82.52%, 较全波段分类精度提高了约为 5.1%; (2)芦苇、水体、黄河水和裸滩 4 种地物的识别能力高, 生产者精度都在 80%以上; (3)碱蓬的用户精度提升最为明显, 约在 7%。

关键词: 高光谱; 黄河口湿地; 光谱可分性; 特征提取

中图分类号: TP75, X87 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2015)02-0020-05

doi: 10.11759/hyxx20141011007

滨海湿地处于海陆的交错地带, 其景观结构复杂、生态系统多样, 既是自然力作用强烈的地带, 也是人类活动剧烈的地带。研究滨海湿地的植被类型及其分布, 对于全球气候变化研究、生物多样性保护和珍稀动植物保护等, 具有重要意义。随着对海岸带区域开发利用和管理工作的精细化, 对该区域地物精细化监测的需求越来越高, 利用高光谱遥感数据进行滨海湿地植被类型的监测研究已成为目前遥感应用领域的研究热点。但高光谱数据通常具有波段数多、数据量大和波段之间相关性大等特点, 导致分类过程计算量增大、计算复杂度增加, 并影响分类精度。如何在高光谱数据中有效的、准确的选择出其典型地物的特征波段, 是当前面临的主要问题之一。

特征波段选择是高光谱图像应用研究的基础。近年来, 已有不少国内外学者开展了相关研究。王让会等^[1]通过分析土地水分的光谱数据, 利用回归分析等方法得出了用于土壤水分遥感监测的特征波段; 刘春红等^[2]在参考高光谱图像的空间相关性和谱间相关性的基础上, 提出了一种简单易行的自适应波段降维方法。杨金红等^[3]结合图像上各地物连续光谱间的可分性对自适应波段的降维方法进行了改进。苏红军等^[4]基于高光谱影像数据的特点, 探讨了高

光谱波段选择熵及联合熵、最佳指数因子和自动子空间划分等算法并验证了算法的性能。何元磊等^[5]提出了一种新的高光谱图像波段选择方法-波段最大筛选法, 从原始波段中选择出了信息量大、区分性好波段。郭磊等^[6]构造了一种高光谱图像融合的最佳波段选择新模型-联合偏度-峰度指数模型, 用于特征波段的选择。Millette^[7]利用统计学的方法对特定的地物来进行波段选择并开展实验。Chang 等^[8]将约束能量最小化的理论应用于高光谱波段选择, 提出了约束波段选择算法。从国内外研究可以看出大多数学者的研究集中在单纯以影像波段相关信息来进行高光谱的特征波段选取, 少见利用现场实测光谱来选择特征波段。

作者利用现场测量获取的黄河口典型滨海湿地地物光谱数据, 开展不同地物之间光谱可分性的研究, 提取相应的地物之间的光谱可分区间, 基于此选择影像上对应的波段作为地物区分的特征波段, 开展监督分类研究。

收稿日期: 2014-10-11; 修回日期: 2014-12-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(41206172); 国家海洋局第一海洋研究所基本科研业务费专项资金项目(2013G21)

作者简介: 吴培强(1984-), 男, 山东潍坊人, 研究实习员, 硕士, 主要从事海岛海岸带遥感研究, 电话: 0532-88967870, E-mail: wu1416@163.com

1 研究区与数据

1.1 研究区域

本文研究区选择黄河入海口新老河道入海口两侧(图 1), 位于黄河三角洲国家级自然保护区核心区, 该区域是中国新生的滨海湿地, 植被类型丰富, 生物资源多样, 是珍稀、濒危鸟类的集中分布地和越冬栖息地。但由于资源开发和经济发展需要, 黄河三角洲承受着巨大压力, 湿地资源面临着巨大的威胁。因此对黄河三角洲海岸湿地资源, 特别是植被资源的监测与保护意义重大。



图 1 研究区域范围图(CHRIS: 15, 10, 5 波段)

Fig.1 Location of The Study Area (CHRIS band: 15, 10, 5)

1.2 高光谱遥感数据与处理

研究采用的高光谱数据为 PROBA/CHRIS 卫星数据, PROBA 是欧空局(ESA)于 2001 年 10 月 22 日发射的小卫星, 为太阳同步轨道, 轨道高度为 615 km, 倾角为 97.89°, 星上搭载紧凑式高分辨率成像分光计 CHRIS, 成像角度分别为 0°、±36°和±55°。作者所使用的影像获取的时间为 2012 年 6 月, 空间分辨率为 17 m, 成像模式为 2, 成像角度为 0°, 其光谱为 400~1 036 nm, 光谱波段为 18 个波段, 波段的光谱分辨率为 5.9~44.1 nm(图 1)。

由于 CHRIS 数据本身有严重的条带噪声, 因此利用 ESA 提供的 HDFclean 软件对影像进行水平噪声和垂直噪声的去除, 然后开展影像的辐射校正、大气校正等预处理。

1.3 现场光谱数据与处理

作者分别于 2012 年 9 月 11~19 日和 2013 年 9 月 24~10 月 2 日对研究区域开展了两次现场踏勘, 共获取了不同地物类型现场光谱曲线 300 余条, 通过

对光谱的质量控制, 去除了异常光谱, 质控后共有光谱 113 条(表 1)。

表 1 地物现场光谱

Tab.1 Feature spectrum in the field

项目	芦苇	裸滩	碱蓬	柽柳	大米草	黄河水	水体
全部光谱	46	32	22	14	12	15	9
筛选光谱	35	25	15	10	10	12	6

2 可分性波段选择方法

Wang^[9]和 Schmidt 等^[10]通过采集植被光谱曲线, 利用植被光谱之间的差异来区分植被种间类型。作者沿用此方法, 采用单倍标准差来作为阈值, 使用的可分性波段判别方法公式为:

$$|\sigma_{\theta,i,j}| > STDV_{\theta,i,j}$$

式中, i 和 j 分别为 2 种地物, θ 为光谱波段, $STDV$ 为标准差, $\sigma_{\theta,i,j}$ 为 i 与 j 在光谱波段 θ 处的光谱反射率的差值。

作者针对黄河三角洲的每一种地物类型, 以其单倍标准差为界, 将其他地物的均值光谱与之进行对比, 得到光谱不相交的光谱区间, 则这些区间内光谱对此地物可分度为 1, 相交区间内光谱对此地物可分度为 0; 依此方法对研究区内 7 种地物作两两对比, 获取黄河三角洲典型地物可分度图(图 2 和图 3)。

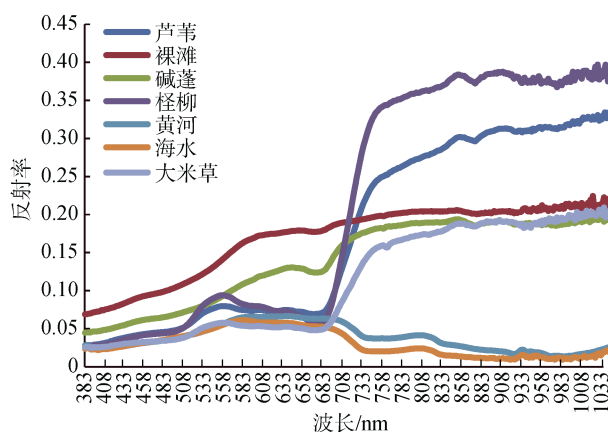


图 2 7 种地物实测光谱拟合光谱曲线

Fig.2 Spectral fitting curves of Seven kinds of field feature

根据上述方法所得出的地物光谱可分度数值, 对照 CHRIS 高光谱遥感影像波段范围, 作者选择可分度 33 以上的波段为可分性好的分类特征波段, 选出第 3、10、12、13、15、18 波段共 6 个波段作为特征波段, 开展地物分类研究(表 2)。

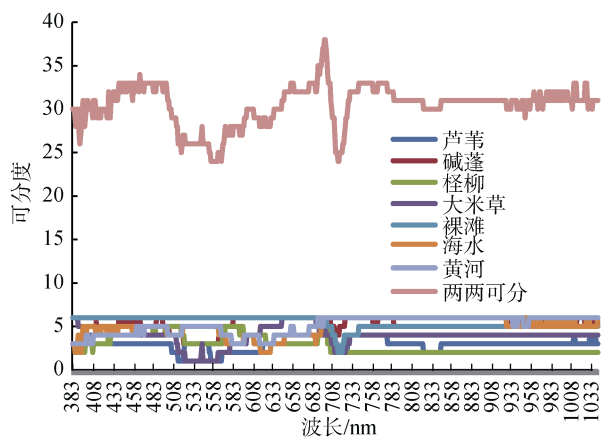


图 3 7 种地物光谱可分度

Fig.3 Spectral separability of seven kinds of objects

3 结果与分析

应用 SVM、ANN 和 SAM 等 3 种常用的监督分

类方法, 开展利用全波段的和利用本文方法选择特征波段的分类对比实验。分类结果见图 4 和图 5。

从表 3 和表 4 可以看出, 基于特征波段选择方法后, 以 ANN 总体分类精度最高, 为 82.52%, SVM 次之, 为 82.16%, Kappa 系数分别为 0.76 和 0.75, SAM 分类效果最差, 仅为 65.54%。较全波段开展分类的结果, 总体分类精度都明显有所提高, 其中 SAM 提高最多, 提升了 7.59%, ANN 和 SVM 分别提高了 5.1% 和 2.89%。从由此可以看出, 基于本文特征波段选择方法, 可以有效提高黄河三角洲滨海湿地地物的分类精度。

对比不同类型地物的生产者精度(PA), 基于特征波段选择后的 3 种监督分类方法的分类结果, 除大米草 ANN 和 SVM 分类精度有较小下降外, 其余各地物的分类精度较全波段都有所提高; 其中芦苇、水体、黄河水和裸滩 4 种地物的分类精度都在 80% 以上, 以芦苇最高, 达到 87.98%; 怪柳的分类精度

表 2 可分度 33 以上波段区间及对应 CHRIS 影像波段

Tab.2 Band range above separability of 33 and corresponding band of CHRIS image

可分区间	CHRIS 影像波段(nm)					
	波段号	波谱范围	中心波长	波段号	波谱范围	中心波长
可分度 33 以上	452~456	405.9~416.7	411.3	10*	646.8~662.1	654.3
	462~465	438.4~449.0	443.6	11	667.5~678.4	672.9
	467~471	486.1~497.7	491.8	12*	678.4~689.7	684.1
	473~483	505.1~518.1	511.5	13*	689.7~695.6	692.7
	488~495	526.3~537.9	532.0	14	701.5~720.1	710.7
	656~659	556.9~570.6	563.6	15*	753.4~767.6	760.4
	679~686	570.6~581.7	576.1	16	774.9~797.7	786.1
	689~705	585.4~601.4	593.2	17	864.9~892.5	878.6
	741~756	618.6~632.3	625.3	18*	1004.8~1048.9	1026.7
	765~774					
1023~1026						

注: *为特征波段

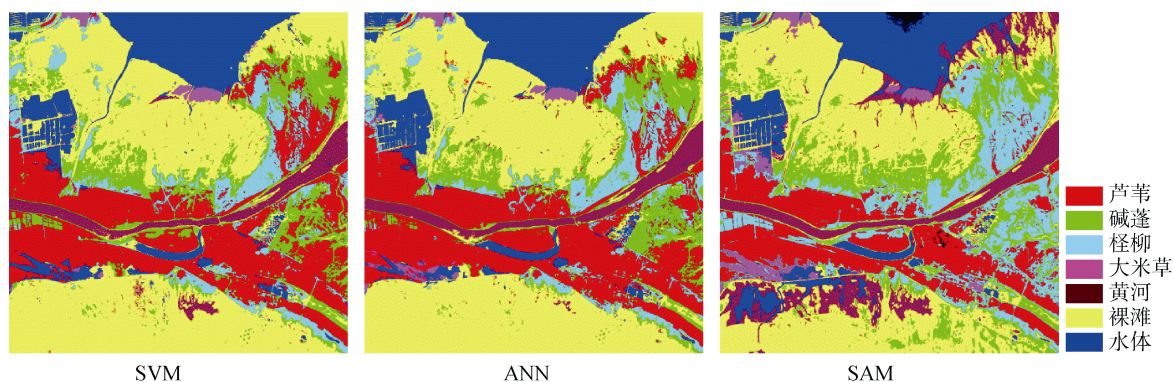


图 4 3 种经典监督分类结果(3/10/12/13/15/18 波段)

Fig.4 Three kinds of supervised classification results(band: 3, 10, 12, 13, 15, 18)

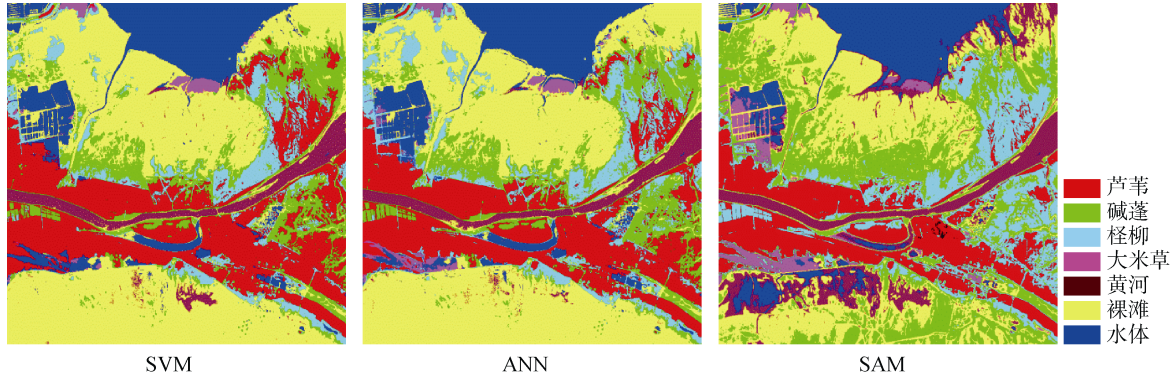


图 5 3 种经典监督分类结果(18 波段)

Fig.5 Three kinds of supervised classification results (18th band)

表 3 3 种监督分类算法的 PA 和总体精度(%)

Tab.3 PA and Overall accuracy of three kinds of supervised classification algorithms(%)

波段	支持向量机	芦苇	碱蓬	水体	裸滩	柽柳	大米草	黄河水	总体精度
特征 波段	SVM	87.27	67.99	80.35	85.13	56.68	69.96	81.65	82.16
	ANN	85.43	68.77	80.54	86.25	61.35	65.07	82.10	82.52
	SAM	61.62	47.37	72.08	65.08	71.19	66.92	80.66	65.54
全波 段	SVM	82.17	61.76	80.16	82.63	54.38	71.92	79.75	79.27
	ANN	77.42	66.56	76.07	81.86	58.10	67.72	77.13	77.42
	SAM	60.60	44.46	63.90	50.92	69.61	56.33	80.20	57.95

表 4 三种监督分类算法的 UA(%)和 Kappa 系数

Tab.4 UA (%) and Kappa of three kinds of supervised classification algorithms

波段	支持向量机	芦苇	碱蓬	水体	裸滩	柽柳	大米草	黄河水	Kappa
特征 波段	SVM	87.98	32.51	95.07	92.38	46.65	70.27	85.34	0.75
	ANN	89.35	30.01	97.29	93.26	49.69	53.73	90.73	0.76
	SAM	98.75	15.73	85.25	89.84	32.30	25.57	35.46	0.56
全波段	SVM	86.89	23.53	96.37	92.06	43.93	79.13	83.72	0.72
	ANN	92.37	23.59	96.16	92.46	34.31	42.85	90.67	0.69
	SAM	98.51	9.62	82.13	87.74	32.18	17.63	34.82	0.48

最低, SVM 和 ANN 分类结果后, 生产者精度约为 60%, 从图 4 和图 5 种看出, 柽柳多为分散分布, 其分布范围较为复杂, 经现场踏勘, 柽柳林较为稀疏, 间或生有碱蓬, 有可能造成误分。

就用户精度(UA)来看, 除芦苇、水体和大米草外, 其余地物的用户精度都有所提升, 其中使用特征波段的 SAM 分类结果较全波段都有所提升。以碱蓬提升最多, 3 种监督分类结果都提升约 7%; 但其用户精度却是最低, 最高仅为 32.51%, 最低位 9.62%, 从图 4 和图 5 种可以看出, 碱蓬主要分布于裸滩上, 结合现场踏勘, 发现碱蓬植株矮小, 约在 30 cm, 且植株间距大, 在人工解译时, 碱蓬覆盖度较小的区域归入裸滩, 由此导致其使用者精度低。

4 结论与讨论

作者利用地物现场实测光谱, 通过分析其光谱差异, 利用单倍标准差方法, 选择出特征光谱进行组合, 利用三种典型的监督分类方法(SVM、ANN 和 SAM)开展分类研究, 结果表明: 基于本文特征波段选择方法总体分类精度较全波段略微有所提高, 其中以 ANN 分类精度最高, 为 82.52%; 较全波段提高了约为 5.1%。芦苇、水体、黄河水和裸滩 4 种地物的识别能力高, 生产者精度都在 80%以上; 碱蓬的用户精度提升最为明显, 约在 7%。由此看见基于光谱可分度的特征波段选择方法, 能够将大部分地物的特征波段挑选出来, 对地物分类精度提高有较好

的效果。

受 CHRIS 高光谱遥感影像分辨率不高、研究区内部部分地物混杂, 由此造成地物解译可能存在一定偏差, 对分类精度造成一定影响, 另使用本文方法选择特征波段, 阈值多少可能会给分类精度带来影响, 对此将在今后工作中开展下一步研究。

参考文献:

- [1] 王让会, 刘培君. 干旱区土壤水分遥感监测敏感波段的选择[J]. 新疆气象, 1995, 18(5): 24-26.
- [2] 刘春红, 赵春晖, 张凌雁. 一种新的高光谱遥感图像降维方法[J]. 中国图像图形学报, 2005, 10(2): 218-222.
- [3] 杨金红, 尹球, 周宁. 一种改进的高光谱数据自适应波段选择方法[J]. 遥感技术与应用, 2007, 22(4): 513-519.
- [4] 苏红军, 杜培军, 盛业华. 高光谱影像波段选择算法研究[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(4): 1093-1096.
- [5] 何元磊, 刘代志, 易世华. 一种新的高光谱图像波段选择方法[J]. 光电工程, 2010, 37(9): 122-126.
- [6] 郭磊, 常威威, 付朝阳. 高光谱图像融合最佳波段选择方法[J]. 宇航学报, 2011, 32(2): 374-379.
- [7] Millette T L. An Expert System Approach to Spectral Band Slection for Remote Sensing Analysis[A]. International Geoscience and Remote Sensing Symposium[C]//Maryland, USA, 1990, 3: 1285-1288.
- [8] Chang C, Wang S. Constrained band selection for hyperspectral image analysis[J]. IEEE Trans Geosci Remote Sens(S0196-2892), 2006, 44(6): 1575-1585.
- [9] Wang L, Sousa P. Distinguishing mangrove species with laboratory measurements of hyperspectral leaf reflectance[J]. International Journal of Remote Sensing, 2009, 30(5): 1267-1281
- [10] Schmidt K S, Skidmore A K. Spectral discrimination of vegetation types in a coastal wetland[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 85(1): 92-108.

A CHRIS hyperspectral band selection method based on spectral separability and classification application

WU Pei-qiang, ZHANG Jie, MA Yi, REN Guang-bo

(First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China)

Received: Oct., 11, 2014

Key words: Hyperspectral; Yellow River estuary wetland; spectral separability; feature extraction

Abstract: In this paper, we proposed a hyperspectral image band selection method based on spectral separability feature with the covering CHRIS hyperspectral remote sensing of the Yellow River estuary wetland. This method was used to determine the spectral dividing range of featured types by using the spectra of more than 110 fields of seven kinds of typical objects analyzing and comparing the spectral features. Based on these, we can select classification features bands of CHRIS hyperspectral images. Three classic applications of supervised classification methods (SVM, ANN and SAM) were used in selective features bands classification and comparison experiments with the whole bands and this method. The results showed that: (1) The classification overall accuracy of the spectral separability method has increased, among which, the classification accuracy of ANN has the highest accuracy of 82.52%, improved about 5.1%. (2) The producer accuracy of reed, water, Yellow River and nude beach are as high as more than 80%. (3) The user's accuracy of Suaeda was significantly enhanced about 7%.

(本文编辑: 梁德海)