

基于 Worldview-2 八波段影像改进指数的 湿地类型分类研究

凌成星, 鞠洪波, 张怀清*, 孙 华

(中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

摘要:采用 Worldview-2 八波段影像作为数据源,选取东洞庭湖湿地核心区域作为研究区,进行了 Worldview-2 八波段特征分析,构建改进遥感指数,采用改进遥感指数阈值分层分类的策略对湿地区域进行信息提取。研究结果表明,基于 Worldview-2 八波段影像改进指数的湿地类型分类总精度达到了 92.24%,Kappa 系数为 0.902,比原始遥感指数的分类精度提高了 8.18%,特别是对草滩地和泥滩地的区分有了较大的提高,是有效、准确提取湿地类型的技术方法。

关键词:湿地;Worldview-2 影像;遥感信息提取;改进遥感指数

中图分类号:S725.7

文献标识码:A

Research on Wetland Type Classification Based on Improved Remote Sensing Index of Worldview-2 Data

LING Cheng-xing, JU Hong-bo, ZHANG Huai-qing, SUN Hua

(Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Taking the core area in wetland nature reserve of Dongting Lake in Hunan province as the reserch plot, the high resolution image Worldview-2 data were analyzed and used to establish the improved remote sensing index. The information about the wetland was extracted with the strategy of data threshold hierarchical classification. The result showed that accuracy of wetland type classification reached 92.24%, with Kappa coefficient at 0.902. The accuracy of classification, especially for processing the data of marsh, meadow and bare land, was 8.18% higher compared to the original remote sensing index method. It is proved that the improved remote sensing index extraction mothod is an effective way in wetland remote sensing data classification.

Key words: wetland; Worldview-2 image; remote sensing information extraction; improved remote sensing index;

利用遥感技术在湿地区域进行监测成为越来越重要的手段,可以解决湿地研究中的湿地类型信息、湿地景观信息、湿地变化特征等问题。推动湿地区域生态资源保护和发展^[1-5]。湿地信息提取一开始主要采用的是可见光-红外遥感数据作为数据源进行研究,随着遥感影像分辨率的提高,数据源也越来

越丰富,由 TM/ETM+ 遥感影像数据发展 SPOT-5, IKONOS, QuickBird 等遥感影像数据^[6-7]。钟文君等^[4]采用高分辨率的 SPOT-5 影像数据,以面向对象的分类方法对福建省闽江口湿地进行类别划分。章仲楚等^[8]用 QuickBird 遥感影像,对杭州西溪湿地进行了多级、多尺度分割分类提取研究。随着采用的

收稿日期:2013-05-25

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)(2012AA102001);国家重大专项(E0305/1112/02)

作者简介:凌成星(1982—),男,四川宜宾人,中国林科院博士研究生,研究方向为遥感信息技术,资源监测技术研究。lingcx@caf.

ac.cn

* 通讯作者:研究员,硕士生导师,从事资源监测和林业可视化模拟研究。zhang@caf.caf.ac.cn

遥感技术方法的深入研究,湿地类型信息提取方法也从单一的光谱分类法发展为结合植被指数、主成分分析、面向对象技术、专家知识决策树、实地资源调查数据的综合分类方法。Chris Wright 和 Alisa Gallant 利用 LANDSAT-TM 数据为基础数据源,辅助环境信息,采用分类决策树方法对黄石公园进行湿地资源的遥感监测^[9]。那晓东,张树清等^[10]利用 CART 决策树方法提取三江平原东北部淡水沼泽湿地信息,提高了内陆淡水沼泽湿地信息分类精度。谢静,王宗明等^[11]利用面向对象方法和多时相 HJ-1 影像的对完达山以北湿地区域进行遥感分类。臧淑英,张策等^[12]以洪河国家级自然保护区为研究区,进行了遗传算法优化的支持向量机湿地遥感分类。正是这些分类技术综合方法和技术手段为湿地类型的信息提取新技术新发展打下基础。本研究将对新遥感数据 Worldview-2 八波段影像特征进行深入分析,拟构建改进的遥感指数来进行湿地区域的类型信息提取。

1 改进遥感指数原理分析

构建支持类型信息提取的 4 种改进遥感指数,是基于传统遥感指数来改进与完善,其中包括 NDVI、NDWI 等经典指数,机理是指数比率分析。

传统上,归一化指数关注的对象是水和植被,因为它们的反射率在 450 nm、650 nm 和 750 nm 这几个波长范围很容易识别其差异。Worldview-2 遥感数据提供了一个 Coastal (400~450 nm),它可能被用来产生一个更精确的指数比代表研究区域微妙变化的水体环境,而不是纯粹的完全饱和的静水区域。这就为研究建立改进的水体指数提供了理论依据和数据支持。传统的水体指数是蓝光波段和近红外波段进行比值,采用了海岸波段和近红外 2 波段 (NIR2) 建立了一个对水体领域离散阈值检测更为敏感的水体指数 (NDWI*),公式(1)中 $Band_c$ 为海岸波段, $Band_{nir2}$ 为近红外 2 波段。

$$NDWI^* = \sum \frac{(Band_c - Band_{nir2})}{(Band_c + Band_{nir2})} \quad (1)$$

原始的归一化植被指数 (NDVI) 是由红光波段和近红外波段来进行比值,用来表示低水平的植被反射率和高水平的植被反射率差异比值。将表示低水平植被反射率的红光波段 (RED) 保持不变,然后高水平反射率的波段换为近红外 2 波段 (NIR2),让本身具有更高的波长值的近红外 2 波

段 (NIR2) 与红光波段 (RED) 产生一个更宽阈值的 $NDVI^*$,公式(2)中 $Band_r$ 为红光波段, $Band_{nir2}$ 为近红外 2 波段。

$$NDVI^* = \sum \frac{(Band_{nir2} - Band_r)}{(Band_{nir2} + Band_r)} \quad (2)$$

研究表明,短波红外波段和近红外波段可以用来表达在不同类型土壤区域的反射率特征。Worldview-2 遥感数据由于没有短波红外成像波段,在土壤指数方面有缺陷,但是 Worldview-2 在绿光波段 (Green) 和黄光波段 (Yellow) 间具有反应土壤差异敏感响应值特征,由此可以构建土壤特征指数 ($NDSI^*$) 来表达该类型特征,公式(3)中 $Band_g$ 为绿光波段, $Band_y$ 为黄光波段。

$$NDSI^* = \sum \frac{(Band_g - Band_y)}{(Band_g + Band_y)} \quad (3)$$

非均匀光谱特征往往表现出高于背景特征很多的亮度响应。利用 Worldview-2 遥感数据特有的红边波段 (Red-Edge) 和海岸波段 (Coastal) 的大比值差异,形成人造建筑用地的指数 ($NHFD^*$) 识别出与背景鲜明对比的人造用地,公式(4)中 $Band_{rg}$ 为红边波段, $Band_c$ 为海岸波段。

$$NHFD^* = \sum \frac{(Band_{rg} - Band_c)}{(Band_{rg} + Band_c)} \quad (4)$$

2 研究区和数据处理

湖南东洞庭湖是洞庭湖湿地区域的第一个国家级自然保护区,是“国际湿地公约”收录的由中国政府指定的国际重要湿地自然保护区之一,中心坐标为 $28^{\circ}59'52''N$, $112^{\circ}59'52''E$ 。湖区区域面积达 $2\,500\text{ km}^2$,该区域地处亚热带湿润气候区,土地类型和湿地植被都非常典型,日照充足,雨量充沛,有丰富的沉水、浮水和挺水植物。本研究选取了东洞庭湖湿地核心区域作为本项目的研究区(见图 1 所示),面积为 455 km^2 ,利用 Worldview-2 卫星数据的优势,进行湿地类型信息提取研究,本文研究的技术路线如图 2 所示。

本研究所用的数据是 2011 年 4 月 30 日获取的研究区域的 Worldview-2 八波段捆绑遥感数据(全色分辨率为 0.5 m ,多光谱分辨率为 1.8 m),面积为 455 km^2 ,同一区域已精校正的 SPOT-5 影像,以及 1:10000 地形图和研究区矢量边界。Worldview-2 数据除有目前高空间分辨率遥感影像通常具有的 4 个标准波段外 (Blueband、Greenband、Redband、NIR-band),还新增加了 4 个波段 (海岸波段、黄色波段、

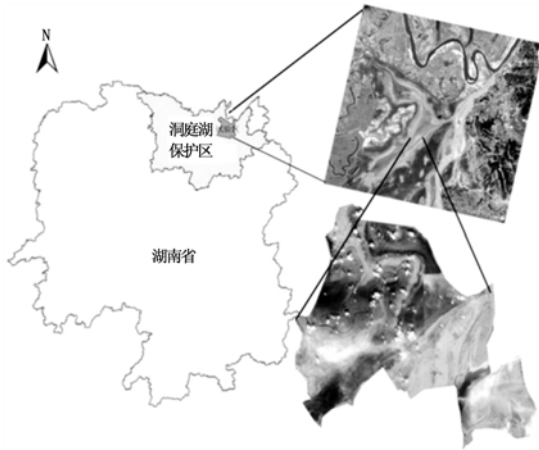


图 1 研究区位置示意图

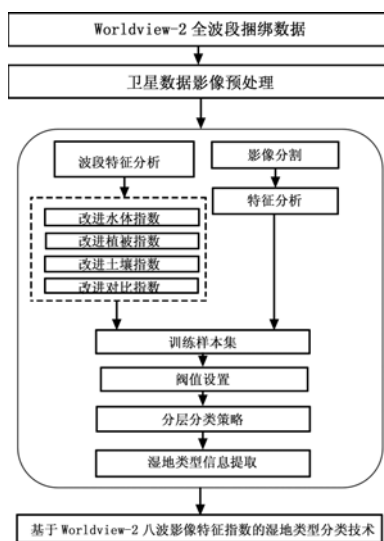


图 2 技术路线图

红色边缘波段和近红外 2 波段)。因为研究区域属于洞庭湖湖区范围,受高山和地形起伏影响不大,所以在研究区内 Worldview-2 数据未进行正射校正处理,进行了辐射校正和几何校正处理。辐射校正包括辐射定标和大气校正,主要是消除由大气散射和吸收引起的大气衰减以及复杂地形衰减;几何校正正是纠正遥感影像的坐标移位的几何误差,用已校正好的 SPOT-5 数据为基准, RMSE 控制在 0.5 个像元。

3 基于影像改进特征指数的湿地类型分层分类

结合东洞庭湖湿地保护区核心区域 Worldview-2 遥感数据影像,采用构建的改进遥感指数和分层分类策略,对东洞庭湖主要湿地类型进行信息提取,主要工作包括 3 部分:湿地遥感指数计算、湿地类型分层

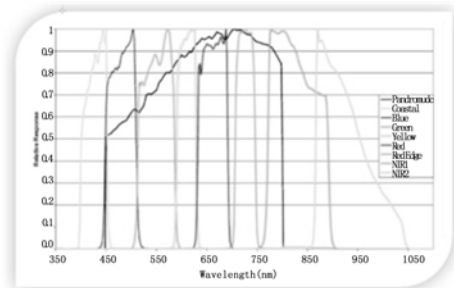
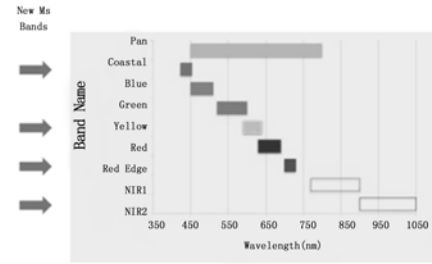


图 3 Worldview-2 新增波段和波谱特征曲线

提取、湿地类型提取精度评价。

(1) 遥感指数计算:

按照上述波段特征的改进遥感指数分析和公式计算出湿地类型分层分类所需要的遥感指数。

(2) 湿地类型分层提取

通过对分类体系中的 5 类湿地类型(河流湿地、湖泊湿地、草滩地、光滩地、建筑用地)进行训练样区的综合统计,得到光谱响应曲线图(见图 4 所示,其中 NDWI*、NDVI*、NDSI*、NHFD* 的变化区间为 -1 到 1 之间,对 4 个指数进行拉伸处理,控制范围在 0~255 之间,在光谱曲线图中清楚地显示其变化趋势),可以发现:①明水体在 NDWI* 以及 NDVI* 的值明显高于其他地物的辐射亮度;②在不考虑水体的情况下,湿地植被区域在 NDVI* 的值明显高于其他几种类型,且另外几种类型间的差异值响应也比较不敏感;③建筑用地一般多为居民地

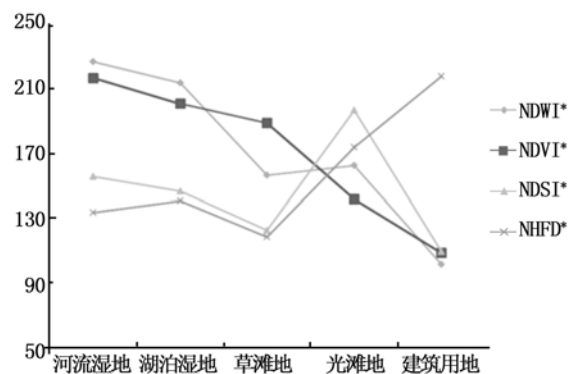


图 4 NDWI*、NDVI*、NDSI*、NHFD* 光谱响应曲线

和道路等,缺乏植被覆盖,且与背景值差异较大,可以看出在 $NHFD^*$ 值达到最高水平,而在其他几个改进遥感指数差异不大,该地类的辐射亮度值明显高于其他地物,可以从 $NHFD^*$ 突出表达;④从光谱响应曲线图来看,土壤的响应值在各指数中差异都很小,其中只在 $NDSI^*$ 出现了较为明显的区别,但考虑到样本数据的离散度因素,研究认为利用 $NDSI^*$ 是可以对湿地土壤中的光滩地进行合理的提取;

⑤河流和湖泊因为同属于明水体类型,在 $NDWI^*$ 的光谱响应曲线是相似的,就统计数据来看很难区分,此处本文引入形状指数将湖泊和河流进行了信息提取。综上,鉴于上述的分析和对各地物类型统计数据的研究,确定基于 Worldview-2 八波段影像特征指数的湿地类型分类策略,并通过训练样本得到各分类阈值结果(见表1),采用分层掩膜提取的方式最终提取得到分类结果。

表1 分类阈值

遥感指数	分类类别	分类阈值	
改进归一化水体指数($NDWI^*$)	明水体	河流	$102.11 < NDWI^* < 170.46$
		湖泊	$0.01 < \text{形状指数} < 0.0649$
	草滩地	$102.11 < NDWI^* < 170.46$	
改进归一化植被指数($NDVI^*$)	泥滩地	$0.075 < \text{形状指数} < 0.109$	
改进归一化土壤指数($NDSI^*$)	建筑用地	$68.25 < NDVI^* < 180.23$	
非均匀差异指数($NHFD^*$)		$114.73 < NDSI^* < 186.12$	
		$89.24 < NHFD^* < 226.95$	

4 结果分析

对湿地类型提取结果进行了实地验证,验证斑块面积达到监测区总面积的 5.3%,精度验证结果湿地主要类型提取的精度达到 92.24%,Kappa 系数为 0.902,结果准确度符合要求,分类结果见图 6 所示,精度验证见表 2 所示,为了比较分类结果的准确度,用改进前传统遥感指数也做了分类结果,结果精度见表 3 所示,从表中数据可以看出,主要类型的提取精度达到 83.06%,Kappa 系数为 0.813。本研究的改进指数方法得到的结果优于传统指数分层分类方法。



图6 基于 Worldview-2 八波段影像特征指数的湿地类型分类图

表2 改进指数的分类精度验证误差矩阵

湿地类型	河流	湖泊	草滩地	泥滩地	建筑用地	合计	错分率/%
1. 河流	29	0	0	0	0	29	0
2. 湖泊	0	28	0	0	0	28	0
3. 草滩地	0	1	35	2	0	38	7.89
4. 泥滩地	0	1	2	32	1	36	8.33
5. 建筑用地	0	0	3	3	30	36	16.67
合计	29	30	40	37	31	167	
漏分率/%	0	6.67	12.50	13.51	3.23		总精度:92.24%
精度/%	100.0	93.33	87.50	86.49	96.77		Kappa 系数:0.902

表3 原始指数的分类精度验证误差矩阵

湿地类型	河流	湖泊	草滩地	泥滩地	建筑用地	合计	错分率/%
1. 河流	27	3	0	1	0	31	12.90
2. 湖泊	1	24	3	0	0	28	14.29
3. 草滩地	1	1	30	6	2	40	17.50
4. 泥滩地	0	1	4	30	3	38	13.16
5. 建筑用地	0	0	5	6	30	41	26.83
合计	29	29	42	43	35	178	
漏分率/%	6.90	6.90	21.43	27.91	8.57		总精度:92.24%
精度/%	93.10	93.10	78.57	72.09	91.43		Kappa 系数:0.902

5 讨论

(1) 通过利用改进构建的水体指数阈值提取了信息,从结果图上反应出明水体对 NDWI* 阈值有着相似的响应。从提取结果精度评价,明水体的精度较高,运用明水体中湖泊和河流的形状指数规则,将其区分,在 39 个验证点上,湖泊和河流均发现错分类情况,在湖泊中出现了 2 个验证点的漏分情况。

(2) 在洞庭湖区域,湿地植被主要是苔草、芦苇、辣蓼等草滩地,一般都是成片分布,区域较大,由此,利用 NDVI* 阈值可以较为容易的将这些区域区分出来,在草滩和泥滩的过渡带,以及草滩和明水体的过渡带也都能比较准确的区分出湿地植被区域边界,但植被区域内部单纯用改进构建的 NDVI* 区分细类却显得比较困难,这就对植被类型细分提出了新的要求。草滩地的单独分类精度达到了 88% 以上,其中错分率为 7.89%,漏分率为 12.50%。

(3) 正如前面分析 NDSI* 土壤指数实际是需要短波红外波段来保持土壤明亮或响应强度增加的特性,以此可以记录到更大差异。结果表明,使用 Worldview-2 影像绿光和黄光波段构建改进的土壤指数在实际应用中是有效的,通过对 NDSI* 阈值的提取,可以较为明显的提取出湿地区域的光滩地,这是一个有效的、新方法确定地区的土壤内容的新指数。光滩地的分类很容易和草滩地混淆,其错分率为 8.33%,漏分率为 13.51%。

(4) 从整体的湿地区域来说,建筑用地是分布在湿地自然背景下的类型,在建筑用地提取过程中,NHFD* 可以将整体均匀的自然背景和人工材料的建筑用地特征区域较为敏感的区分开,这其中就包括:居民区房屋、道路等。在使用红边波段和海岸波段构建的 NHFD* 指数可以较好的对建筑用地进行检测。人工建筑用地是明显的,具有典型结构的,该指数可以用来准确的提取土地利用类型中的建筑用地。建筑用地的分类精度中错分率为 16.67%,漏分率为 3.23%。

综上所述,本文研究的基于 Worldview-2 八波段影像特征构建的改进遥感指数,可以较好的对复杂的湿地类型进行划分。但本研究仍存在不足的方面,还没做到湿地类别细类的准确提取,还未建立针对湿地资源特征相关性很强的湿地特有指数等,需要在工作中继续深入研究。

参考文献:

- [1] 刘 华,鞠洪波,邹文涛,等. 长江源典型区湿地对区域气候变化的响应[J]. 林业科学研究,2013, 26(4):406-413.
- [2] 张怀清,赵峰,崔丽娟. 红树林湿地恢复遥感动态监测技术研究[J]. 林业科学研究,2008, 21(增刊):32-36.
- [3] 邹文涛,张怀清,鞠洪波,等. 基于决策树的高寒湿地类型遥感分类方法研究[J]. 林业科学研究,2011, 24(4):464-469.
- [4] Jensen. J R, Rutchey K. Narumalani 1995 Inland wetland change detection in the Everglades Water Conservation Area 2A using a time series of normalized sensed data[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1995, 61:199-209.
- [5] Finlayson C M, Rea N. Reasons for the loss and degradation of Australian wetlands[J]. Wetlands Ecology and Management, 1999, 7(1-2): 1-11.
- [6] Carter J H. The Immune System as a Model for Pattern Recognition and Classification [J]. Journal of the American Medical Informatics Association, 2000, 7(3):28-41.
- [7] 钟文君,兰樟仁. 基于高空间分辨率遥感影像的湿地信息提取技术研究[J]. 云南地理环境研究,2007, 19(5):134-139.
- [8] 章仲楚,张秀英. 基于 RS 和 GIS 的西溪湿地景观格局变化研究[J] 浙江林业科技, 2007, 27(4): 38-41.
- [9] Chris Wright, Alisa Gallant. Improved wetland remote sensing in Yellowstone National Park using classification trees to combine TM imagery and ancillary environmental data [J]. Remote Sensing of Environment, 2007, 107(4):582-605.
- [10] 那晓东,张树清. 基于决策树方法的淡水沼泽湿地信息提取——以三江平原东北部为例[J]. 遥感技术与应用, 2008, 23(4): 365-372.
- [11] 谢 静,王宗明,毛德华,等. 基于面向对象方法和多时相 HJ-1 影像的湿地遥感分类——以完达山以北三江平原为例[J]. 湿地科学, 2012, 10(4):429-438.
- [12] 臧淑英,张 策,张丽娟,等. 遗传算法优化的支持向量机湿地遥感分类——以洪河国家级自然保护区为例[J]. 地理科学, 2012, 32(4):434-441.