

# 基于决策树的高寒湿地类型遥感分类方法研究

邹文涛, 张怀清\*, 鞠洪波, 刘 华

(中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

**摘要:**以索加-曲麻河区域为例,探讨了三江源区域高寒湿地遥感分类方法。利用 TM 影像数据和 DEM 及缨帽变换后的亮度、绿度、湿度,以及归一化水体指数(NDWI)等复合识别指标,构建决策树模型,对研究区不同地类进行区分。然后通过与传统的最大似然法监督分类所得到的结果进行对比,结果表明:利用基于指数的决策树分类方法对高寒湿地类型进行分类,较传统的最大似然法监督分类总体精度提高 12.05%;总体 kappa 系数提高 0.140 7;对于河流、湖泊、沼泽、滩地等湿地类型,生产者精度和用户精度分别提高了 6.06%, 6.25%; 0.12%, 3.13%; 6.99%, 25.00%; 6.12%, 28.13%, 比监督分类均有明显的提高。证明基于指数的决策树分类方法是高寒区域湿地遥感分类的一种有效手段。

**关键词:**三江源高寒湿地;决策树分类;NDWI;缨帽变换

中图分类号:S771.8

文献标识码:A

## Study on Highland Wetlands Remote Sensing Classification Based on Decision Tree Algorithm

ZOU Wen-tao, ZHANG Huai-qing, JU Hong-bo, LIU Hua

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

**Abstract:** Suojia-Qumahe Nature Reserve, which locates in the source region of Three Rivers (Yangtze River, Yellow River and Lancang River), was taken as the research field to discuss the proper method for remote sensing classification of highland wetlands. The TM images, DEM, NDWI (Normalized Difference Water Indices) and the brightness, greenness and humidity after the tasseled cap transformation were used as the indicators to establish the decision tree model to distinguish the different wetlands and other land cover types. The authors compared the results with the traditional maximum likelihood supervised classification, it showed that the decision tree method based on the indices can improve the overall accuracy by 12.05%, and the overall kappa coefficient by 0.140 7. For rivers, lakes, swamps and floodplains, the producer's accuracy and user's accuracy increased by 6.06%, 6.25%; 0.12%, 3.13%; 6.99%, 25.00% and 6.12%, 28.13% respectively. The results of this study suggest that the decision tree method based on indices is an effective tool for wetlands remote sensing classification in highland area.

**Key words:** highland wetlands; decision tree; NDWI; tasseled cap transformation

三江源区域高寒湿地群是世界上海拔最高、面积最大、类型最为独特的湿地生态系统。近年来受全球气候变暖的影响,三江源区的湿地生态系统已经发生了结构的变化和功能的减退。利用遥感技术

研究三江源区高寒湿地的成功案例已有很多<sup>[1-2]</sup>,这些研究多采用人工目视解译的方法进行遥感影像分类,效率低,经验要求高限制了该法的使用。人工神经网络法,支持向量机方法,面向对象分类等自

收稿日期:2010-11-11

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金“气候变化背景下的三江源典型区湿地变化研究(IFRIT200906)”;国家“十一五”科技支撑重点项目课题“综合监测技术体系集成与应用示范(2006BAD23B06)”

作者简介:邹文涛(1982—),男,吉林白山人,博士,研究方向为高寒湿地监测技术研究。

\* 通讯作者:张怀清(1973—),男,湖南宁乡人,研究员,硕士生导师,主要研究领域为林业可视化模拟技术与湿地监测技术。

动提取方法<sup>[3-5]</sup> 都已经引入到了湿地信息提取中,但这些自动提取方法因为算法复杂、高分辨率影像成本较高等问题,只能在小范围内使用。在大范围的湿地信息提取中,单波段阈值法<sup>[6]</sup>、波段关系运算比较法<sup>[7]</sup>多适用于对大于一定面积的开敞型明水体进行提取<sup>[8]</sup>。对于沼泽、滩地等其他类型的湿地,单独使用数据本身进行区分就比较困难。因此,一些可以定量表示湿地湿度特征(如:NDWI, 缨帽变换后的湿度分量)、植被覆盖特征(NDVI)等基于波段运算的指数或变量被引入了湿地分类研究中。

这类方法考虑了湿地本身湿度较大的特征,也考虑了这些类型湿地的植被覆盖特征,不过这些方法仍然存在一定的局限,如:NDWI 对非明水体类型湿地反应相对较弱;NDVI 由于其本身对低植被覆盖的区域反应不敏感,所以很容易将河滩地、裸岩石砾

地和低盖度草地混在一起。上述的这些缺点使得这些方法在针对植被覆盖度从低到高跨度较大的区域,对湿地类型分类及其他地类分类时的分类精度会产生很大影响。

决策树方法已经在许多领域被证明是一种精度较高的遥感分类方法,但在三江源区高寒湿地信息提取中还鲜有报道。因此,本研究通过决策树分类方法,基于影像变换后的特征指数,验证决策树方法在高寒湿地信息遥感分类中的效果。

## 1 研究区概况

选取位于青海省西南部治多县和曲麻莱县境内的索加-曲麻河自然保护区为研究对象。该区处于 $92^{\circ}47' \sim 95^{\circ}00' E, 33^{\circ}34' \sim 35^{\circ}51' N$ ,地理区位及野外调查样点分布如图1所示。

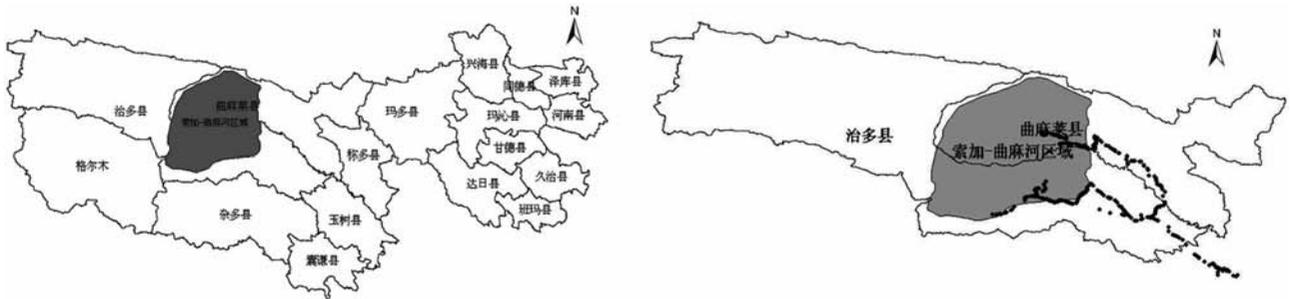


图1 研究区地理位置区位及野外样点分布示意图

研究区夏季短促,冷寂漫长,无绝对无霜期,年均气温 $-2.5^{\circ}C$ ,年均降水量约为400 mm,海拔4 230~5 600 m,属典型的高原大陆性气候。主要植被类型为紫花针茅(*Stipa purpurea* Griseb.)、牛耳凤毛菊(*Saussurea woodiana* Hemsl.)、矮火绒草(*Leontopodium nanum* (Hook. f. et Thoms) Hand. -Mazz.)等高寒草原植被,和以藏嵩草(*Kobresia schoenoides*)、矮嵩草(*Kobresia humilis* (C. A. Mey) Serg.)为主的沼泽植被。主要土壤类型为高原草原土、高原草甸土和高原沼泽土。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据源及预处理

采用的遥感影像为覆盖研究区的2006年8月8日的136-36和2007年9月19日的137-35/36三景Landsat-5 TM影像,空间分辨率为30 m。除遥感影像数据外,还搜集了覆盖研究区的1:10万地形图、1:10万湿地分布图、1:10万植被图等作为辅助数据。

### 2.2 遥感分类系统

根据2008年8月和2009年8月对研究区进行的野外调查所获取的652个野外样点。参考《湿地公约》分类系统以及《全国湿地资源调查与监测技术规程》国家湿地划分标准,结合研究区的实际地类分布和植被分布情况,将本研究的主要地物类型确定为河流、湖泊、草地、沼泽、滩地、裸岩石砾地和沙地7种土地覆盖类型。

### 2.3 决策树分类方法

决策树是由一系列的二叉树构成的树形分类器,根据规定的判断规则,不断地将影像的像元分割成相对同质的数据子集来确定影像中每个像元所属的正确类型。决策树分类方法具有直观简洁、可行性强、计算量小的特点<sup>[9]</sup>。并且决策树分类还可以较好地对分类过程和结果进行解释,能够很好的表示不同类型之间的相互关系。因此,采用决策树的方法对研究区高寒区域土地利用/土地覆盖进行遥感分类研究。

## 2.4 分类变量的选择

2.4.1 缨帽变换的亮度、绿度和湿度分量 缨帽变换是在研究 MSS 影像反映农作物和植被的生长过程时提出来的,是一种多维光谱空间中的线性变换<sup>[10]</sup>,通过对光谱空间旋转使植被与土壤的光谱特征得以有效分离。缨帽变换后的结果有明确的物理意义,而且该变换过程中信息量的损失很少。对 TM 数据进行缨帽变换处理<sup>[11]</sup>,取本研究要使用的前3个分量,具体的计算方程如下:

$$\text{亮度} = 0.3037(TM1) + 0.2793(TM2) + 0.4743(TM3) + 0.5585(TM4) + 0.5082(TM5) + 0.1863(TM7)$$

$$\text{绿度} = -0.2848(TM1) - 0.2435(TM2) - 0.5436(TM3) + 0.7243(TM4) + 0.0840(TM5) - 0.1800(TM7)$$

$$\text{湿度} = 0.1509(TM1) + 0.1973(TM2) + 0.3279(TM3) + 0.3406(TM4) - 0.7112(TM5) - 0.4572(TM7)$$

缨帽变换后的绿度分量可以对地表的植被覆盖状况进行很好的描述,湿度分量则可以较好的反映水体以及土壤中的水分含量。本研究没有选择 NDVI 作为对植被覆盖程度的指示指标,是因为 NDVI 对土壤背景的变化较为敏感,在对低覆盖度植被覆盖区域使用 NDVI 时,会导致过高估计植被覆盖程度,其对高覆盖度植被覆盖区域则会存在饱和的现象。而在研究区中,大量分布着低覆盖度草地、高覆盖度草地,以及裸岩石砾地和沙地,已有的研究结果表明,NDVI 并不能满足对该区域植被覆盖程度的划分。缨帽变换的原理是通过线性变换和多维空间的

转换,将土壤和植被信息投影到多维空间,并且在多维空间中植被状况和土壤亮度轴是相互垂直的。因此,可以较好的将植被与土壤特征分离开,从而减少土壤背景对植被覆盖状况的影响。所以,考虑用缨帽变换后的绿度和亮度分量来对其进行划分。

2.4.2 归一化差异水体指数 NDWI 1996 年 McFeeters<sup>[12]</sup>提出了归一化差异水体指数(Normalized Difference Water Index, NDWI),用于水体的提取,其公式如下:

$$NDWI = (Green - Nir) / (Green + Nir)$$

公式中,Green 为绿光波段,Nir 为近红外波段。

通过对研究区的 NDWI 图像进行分析,如果利用 NDWI 来提取水体,会导致大量的裸岩石砾地与其混淆。考虑 NDWI 具有只对开放性明水体反应强烈,而对沼泽湿地反应弱的特点,可以用其来区分那些河湖滨退化形成的沼泽湿地,这类沼泽湿地由于其水分含量比较大,在湿度分量上易于同河流、湖泊相混淆。

2.4.3 地形及其他辅助因子 搜集研究区 1:10 万地形图,然后通过矢量化获取等高线矢量图,根据等高线生成 DEM 数据(精度为 30 m),再以 DEM 数据为基础,生成研究区坡度图,并作为一个特征量,在决策树中参与分类。

## 3 结果与分析

### 3.1 地类光谱特征分析及决策树模型的建立

选取以上变量作为决策树分类的特征变量,对研究区主要地类在这些特征量上的光谱特性进行统计分析,统计结果见表 1。

表 1 主要地类的光谱特征

特征量	指标	水体	草地	沼泽	滩地	裸岩石砾地-1	裸岩石砾地-2	沙地
亮度	最小值	29.00	90.00	51.00	80.00	95.00	67.00	112.00
	最大值	60.00	112.00	87.00	89.00	119.00	82.00	158.00
	均值	43.53	102.27	62.44	83.88	109.43	72.21	138.67
	标准差	7.53	6.37	6.72	1.61	4.42	3.45	5.26
绿度	最小值	111.00	167.00	184.00	154.00	142.00	164.00	141.00
	最大值	149.00	180.00	211.00	162.00	155.00	171.00	157.00
	均值	122.69	174.32	196.87	157.79	148.02	167.59	149.26
	标准差	12.92	2.40	5.10	1.63	2.17	1.20	2.51
湿度	最小值	113.00	58.00	73.00	79.00	62.00	82.00	51.00
	最大值	138.00	79.00	101.00	88.00	79.00	93.00	83.00
	均值	126.64	64.40	92.88	83.84	71.73	87.70	59.83
	标准差	6.86	4.78	6.42	1.43	3.19	2.37	3.67
NDWI	最小值	136.00	60.00	31.00	82.00	85.00	68.00	73.00
	最大值	228.00	75.00	68.00	95.00	99.00	81.00	86.00
	均值	211.67	66.17	46.69	89.11	92.09	74.55	80.29
	标准差	12.19	2.36	6.81	2.19	2.34	2.02	2.29

根据不同地类的光谱特征统计值,通过反复试验的人机交互方式,利用目视判断的方法选取最佳经验性数值作为决策树各节点的阈值。节点阈值的确定及调整过程中,通过对比不同阈值分类后目标地类的区分程度是否准确,来判断该阈值的选取是否合理。首先,在湿度分量上,选择77作为湿地类(包括河、湖、沼泽、滩地)和非湿地类的划分阈值。当湿度分量上的值小于77时,认为该区间为非湿地类所在的区间。当湿度分量值位于[77, 102]时,认为该阈值为沼泽主要位于的区间;湿度分量值大于102时,认为该区间为明水体分布的区间。

在非湿地类区间,草地、裸岩石砾地和沙地构成了这个区间的主要地类。分析绿度分量上不同地类的取值范围,确定绿度分量值小于154为草地与非植被覆盖区域的阈值。对于该区域的沙地、裸岩石砾地通过亮度分量和坡度进行细化。

沼泽区域所在的区间内,可以根据沼泽湿度、绿

度都很大的特点,将沼泽提取出来,对于混提的高盖度草地,通过坡度加以剔除。对于剩下的其他地类,通过绿度分量上选取阈值将草地进行划分。对于滩地,利用其在亮度、绿度和坡度分量上都比较小的特点,分别取82,158和6作为三者的阈值,将其提取出来。而该区域内的裸岩石砾地和沙地等其他地类也是通过地形因子进行提取、划分。

在明水体所在区域,除了明水体之外,还存在有河湖滨沼泽和少量的阴影覆盖的裸岩。裸岩通过坡度及高程因子加以剔除,河湖滨型沼泽则通过NDWI与明水体加以区分。对于提出的明水体,根据河流和湖泊的形状特征,利用形状指数 $\sqrt{S}/P$ 加以区分,通过实验,认为形状指数 $>0.11$ 为湖泊。

通过以上对本区域主要地类的光谱特征分析及不同地类在特征量上阈值的确定,建立如下高寒湿地遥感分类决策树模型(图2),该模型中,右侧节点为满足条件要求的地类,左侧节点为不满足要求的地类。

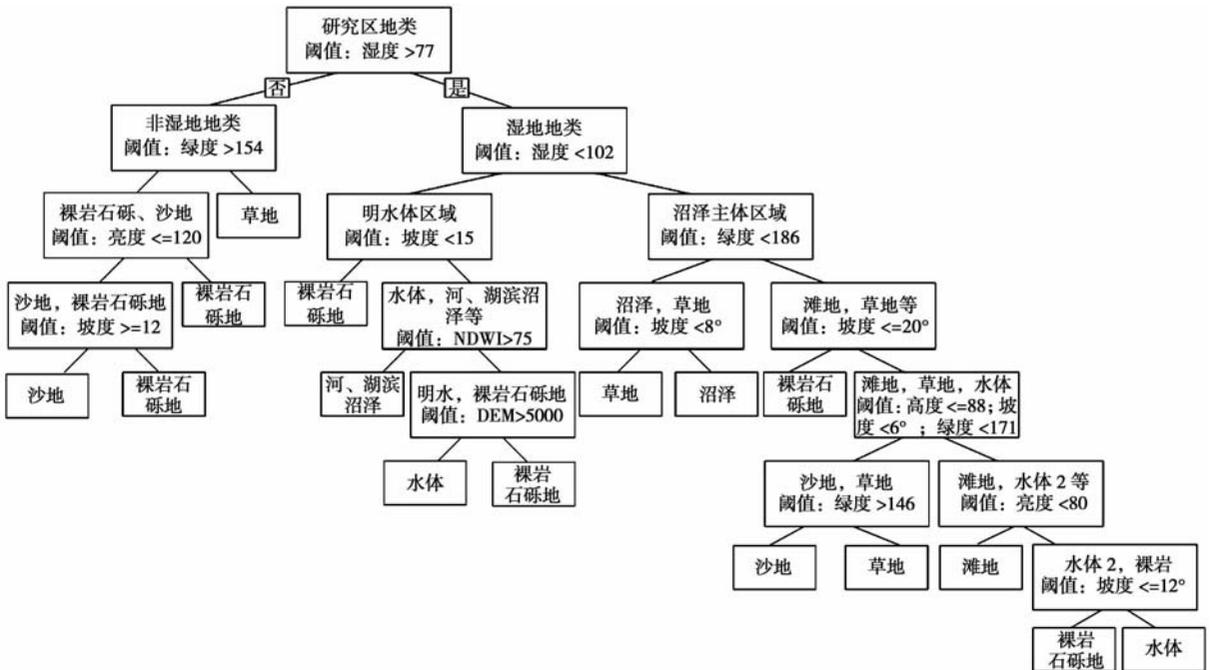


图2 决策树分类模型

### 3.2 分类结果图

运行决策树模型,得到研究区初步分类图。然后利用重编码、聚类和去除分析进行分类后处理。可得到如下研究区的分类结果图(图3)。

### 3.3 分类精度验证与对比

为对比验证基于指数的决策树方法在研究高寒

湿地生态系统遥感分类中的适应情况,通过随机平均选点的方式,选取224个点,采用目视判断的方法,对决策树分类和最大似然法监督分类的结果进行精度验证。两种分类方法的混淆矩阵、各地类精度及kappa系数对比见表2~4。

从监督分类混淆矩阵(表2)可知,河流与湖泊,

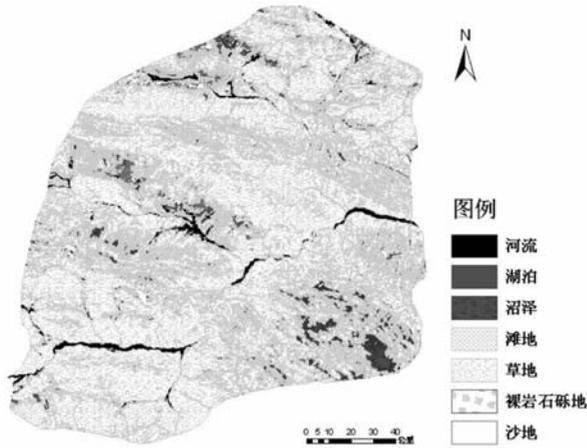


图3 决策树分类结果

草地和滩地存在一定混分现象;滩地也存在错分成河流、草地的现象;裸岩石砾地也会错分成草地与滩地,但混分现象最严重的是沼泽湿地和草地,沼泽湿地所选的32个验证点中,有12个错分成了草地,而草地也存在着一定错分成沼泽湿地的情况。通过分类精度表(表4)可以看到,湖泊和沙地的分类精度较高,河流、沼泽和裸岩石砾地的分类精度有所下降,草地以及滩地的分类精度都比较低,滩地的用户精度低于60%。监督分类结果的总体精度也仅为75.45%,达不到实际应用的要求。总体的kappa系数为0.7135,属于较低的水平。通过上述分析,最大似然法监督分类所得结果距实际应用的精度要求有较大差距,不能满足实际应用。

表2 2007年索加-曲麻河区域监督分类混淆矩阵

地类	河流	湖泊	草地	沼泽	滩地	裸岩石砾地	沙地	(行和)
河流	27	1	2	0	2	0	0	32
湖泊	3	28	0	0	0	0	1	32
草地	1	0	26	4	0	1	0	32
沼泽	0	0	12	20	0	0	0	32
滩地	2	0	8	0	18	4	0	32
裸岩石砾地	0	0	7	0	3	22	0	32
沙地	0	0	3	0	0	1	28	32
(列和)	33	29	58	24	23	28	29	224

从决策树分类的混淆矩阵(表3)可知,针对监督分类河流与湖泊,草地与滩地,草地和沼泽湿地存在的混分现象,决策树分类方法都有了较大程度的

改善。沼泽湿地错分成草地的验证点个数由12个降为4个,草地、滩地和裸岩石砾地间的错分点数也大幅下降。

表3 2007年索加-曲麻河区域决策树分类混淆矩阵

地类	河流	湖泊	草地	沼泽	滩地	裸岩石砾地	沙地	(行和)
河流	29	1	0	0	1	1	0	32
湖泊	2	29	0	0	1	0	0	32
草地	0	0	28	3	1	0	0	32
沼泽	0	0	4	28	0	0	0	32
滩地	2	0	1	0	27	2	0	32
裸岩石砾地	0	0	4	0	2	26	0	32
沙地	0	0	3	0	0	0	29	32
(列和)	33	30	40	31	32	29	29	224

通过分类精度表(表4)还可以看到,决策树分类的结果中,湖泊、沼泽、河流、裸岩石砾地和沙地的分类精度较高,生产者精度和用户精度分别可达:96.67%、90.63%;90.32%、87.50%;87.88%、90.63%;89.66%、81.25%和100%、90.63%。其他地类的分类精度也都有了较大程度的提高,总体的分类精度可达87.50%,较监督分类有12.05%的提高,完全可以满足实际工作的需要。kappa系数方

面,总体的kappa系数为0.8542,较监督分类结果的kappa系数提高了0.1407(19.72%)。

综上所述,本研究采用的决策树分类方法不论在单个地类精度、总体精度还是kappa系数方面,都较监督分类所得结果有较大幅度的提高。较高的精度能够满足在实际工作中对获取数据准确性的要求。

表4 监督分类与决策树分类各地类精度及 kappa 系数对比

项目	监督分类			决策树分类		
	生产者精度/%	用户精度/%	总体精度/%	生产者精度/%	用户精度/%	总体精度/%
河流	81.82	84.38		87.88	90.63	
湖泊	96.55	87.50		96.67	90.63	
草地	44.83	81.25		70.00	87.50	
沼泽	83.33	62.50	75.45	90.32	87.50	87.50
滩地	78.26	56.25		84.38	84.38	
裸岩石砾地	78.57	68.75		89.66	81.25	
沙地	96.55	87.50		100.00	90.63	
Kappa 系数		0.713 5			0.854 2	

## 4 结论与讨论

(1)通过对比分析不同地类的光谱特征,建立决策树模型,成功的对三江源区域高寒湿地信息进行提取,并取得了 87.50% 的较高精度。说明基于数据变换后的特征量,采用决策树分类方法在高寒区域进行湿地生态系统分类,是一种低成本、易实现和推广的有效方法。

(2)通过与最大似然法监督分类结果对比可知,基于特征量的决策树分类方法较最大似然法总体精度提高 12.05%,总体 kappa 系数提高 0.140 7;对于河流、湖泊、沼泽、滩地等湿地类型,生产者精度和用户精度分别提高了 6.06%,6.25%;0.12%,3.13%;6.99%,25.00%;6.12%,28.13%。

(3)如何选择合适的特征量是决策树方法取得高精度的关键。本研究所选取的缨帽变换后的亮度、绿度、湿度分量以及 NDWI 和 DEM 数据,通过实验证明了这些变量在研究本区域高寒湿地遥感分类的可行性。湿度分量可以较好地将湿地与非湿地地类区分开,绿度分量可以较好地将草地提取出来,而裸岩石砾地、沙地等地类,在亮度分量上则具有较高的度值,可以据此对其加以区分。通过大比例尺数字地形图获取的高程及坡度分量,在区分沼泽、裸岩石砾地等地类时也都作为阈值变量。

(4)本研究所用特征量多是基于遥感图像光谱特征提取的特征量,而且阈值的确定是通过研究人员反复试验来获取的最佳经验性数值。因此在研究人员对该区域的熟悉程度以及分类技术水平等方面有较高的要求,下一步工作考虑在研究高寒湿地遥感分类中引入 QUEST 和 CART 等算法,从而实现自动确定各分类节点的阈值,减少分类过程中的工作量。同时,考虑在遥感图像分类中,影像上表现出来的位置关系以及不同地类的纹理特征也是除光谱信

息之外重要的可利用信息,进一步研究会将地类间位置关系及纹理特征考虑到决策树模型当中,对高寒区域湿地做进一步的细化分类。

## 参考文献:

- [1] 冯蜀青,苏文将,肖建设,等. 2000 年以来三江源地区水资源变化遥感调查研究[J]. 青海科技,2008(5):20-26
- [2] 潘竟虎,王建,王建华. 长江、黄河源区高寒湿地动态变化研究[J]. 湿地科学,2007,5(4):298-304
- [3] 韩敏,程磊,邢军. 基于神经网络的扎龙湿地土地覆盖分类研究[J]. 大连理工大学学报,2004,44(4):582-588
- [4] 姚云军,张泽勋,秦其明,等. 基于支持向量机的遥感影像湿地信息提取研究[J]. 计算机应用研究,2008,25(4):989-991
- [5] Ghioca-Robrecht D M, Johnston C A, Tulbure M G. Assessing the use of multiseason QuickBird imagery for mapping invasive species in a Lake Erie coastal marsh[J]. Wetlands, 2008, 28(4):1028-1039
- [6] 刘建波,戴昌达. TM 图像在大型水库库情检测管理中的应用[J]. 环境遥感,1996,11(1):53-58
- [7] Hanqiu Xu. Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery[J]. International Journal of Remote Sensing, 2006, 27(12):3025-3033
- [8] 陆家驹,李士鸿. TM 资料水体识别技术的改进[J]. 环境遥感,1992,7(1):17-23
- [9] Friedl M A, Brodley C E, Strahler A H. Maximizing land cover classification accuracies produced by decision tree at continental to global scales[J]. IEEE Transactions Geoscience and Remote Sensing, 1999,37(2):969-977
- [10] 梅安新,彭望录,秦其明,等. 遥感导论[M]. 北京:高等教育出版社,2001:155-156
- [11] Crist E P, Kauth R J. The tasseled cap demystified[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1986, 52(1):81-85
- [12] Mc Feeters S K. The Use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features[J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17(7):1425-1432