

若尔盖湿地 TM 影像判识特征

闵文彬¹ 彭国照¹ 罗磊¹ 郭海燕²

(1 中国气象局成都高原气象研究所, 2 四川省气象局遥感中心, 成都 610071)

摘要 通过对 1994 年 8 月 4 日与 2004 年 9 月 16 日若尔盖湿地 TM 影像 1~5 波段和 7 波段数据以及归一化植被指数(I_{NDVI})、归一化水指数(I_{NDWI})、归一化水分指数(I_{NDMI})和改进的归一化水指数(I_{MNDWI})的分析,选择通道 7、4、3 合成假彩色图作为若尔盖湿地的目视解译图,确定了湿地的 TM 影像标志。分析结果表明,第 7 波段能较好地將沙地与其它地物区分,改进的归一化水指数与归一化植被指数之差是非常有效的水体提取因子。还制定了若尔盖湿地主要地物的自动判识流程。判识结果与目视解译结果非常吻合,1994 年比 1984 年湖泊面积、沼泽湿地面积明显减小,而沙化地面积扩大。

关键词 若尔盖湿地 TM 影像 归一化植被指数 归一化水指数 归一化水分指数 改进的归一化水指数

引言

由于全球气候变化和人为破坏,若尔盖湿地生态环境在不断恶化,草地沙化加剧、湿地萎缩明显。湿地生态环境的恶化已经引起政府部门的高度重视,采取了湿地恢复、人工种植、草种培育和优种引进等一系列措施,需要及时、准确地了解湿地恢复工程成效,以及草地沙化、湿地萎缩和海子干涸的动态变化情况。卫星遥感技术的发展,为湿地变化的快速获取提供了新的途径。与传统的地面测量相比,卫星遥感技术具有时效高、覆盖范围大,成本低的优点。国内外学者在利用 TM 数据进行土地沙化和湿地调查方面已经作了大量有益的探索工作^[1~6],如高志海等探讨了 TM 影像荒漠化信息提取的图像处理与荒漠化土地类型成图的技术方法,沈松平等采用 ETM743 假彩色图对若尔盖沼泽湿地开展动态监测,雍国玮等也采用目视解译方法开展了若尔盖草地沙化及湿地萎缩动态遥感监测。

但是,大多采用目视解译技术,进行的土地分类、资源调查,时效不高。如何快速地从卫星遥感数据中自动或半自动提取湿地信息仍然是一个有待解决的问题。本文正是针对这一问题,通过对湿地及其背景的遥感信息分析,探索自动地快速判识 TM

影像中若尔盖湿地主要地表类型的方法,并结合实例证明该方法的有效性。

1 研究区概况与资料选取

若尔盖湿地位于四川省西北部高原及甘肃省东南部的交界处,地处黄河上游,青藏高原的东侧,横跨川、甘两省,平均海拔 3500 m,是黄河上游的重要水源涵养区。若尔盖湿地地势较缓,河流曲流发育,湖沼众多,不仅是我国最大的高原沼泽植被集中分布区和黑颈鹤等高原珍禽的重要繁殖栖息地,还是我国五大牧区之一。

美国陆地卫星(LandSat)是由美国发射的地球观测卫星,它的 TM 影像具有较高的空间和光谱分辨率,光谱信息丰富,其空间分辨率为 30 m,16 天对整个地球观测一遍,共有 7 个波段数据,主要应用于资源调查和环境监测。本文使用的数据是 1994 年 8 月 4 日的 131/37 和 2004 年 9 月 16 日的 131/37、131/36 共 3 景 TM 数据。借助 ENVI(Environment for Visualizing Images)4.0 图像处理软件,基于野外测得的 16 个地面控制点对已做过辐射校正和几何校正(系统)校正的 TM 影像采用多项式法进行了精校正。

2 若尔盖湿地 TM 影像特征

根据国际《湿地公约》的定义,湿地是指天然或人工的、永久性或暂时性的沼泽地、泥炭地和水域,蓄有静止或流动、淡水或咸水水体,包括低潮时水深浅于 6 m 的海水区。对于若尔盖湿地,本文将其分为两类,即水体(河流、湖泊与积水)和沼泽。

2.1 湿地 TM 影像目视解译标志的建立

首先,利用若尔盖土地利用地图,获取湿地的分布信息,进行 TM 影像的判读训练。波段 743 组合的假彩色合成图像不仅较为符合人们的视觉习惯,类似于自然颜色,而且由于信息量丰富,能充分显示各种地物影像特征的差别,便于训练场地的选取,可以保证训练场地的准确性。所以,我们选择 743 合成图作为目视解译图。其次,进行实地踏查,利用 GPS 接收仪对研究区的典型地表(沙地、草地、沼泽、水体以及居民地)的各个选择点进行定位,再结合影像上的对应点进行目视判读,分析不同类型的图谱特征,建立包括色调、灰度、斑块形状和纹理特征等的若尔盖湿地主要地物 TM 影像解译标志(表 1),有关城镇与居民地的 TM 影像特征及提取参见文献[7]至文献[9]。利用 743 合成图,可以比较容易地区分出主要地表:裸地(沙地、居民地)为桃红色、草地为绿色、水体是蓝黑色、湿地为蓝色和紫色。

表 1 若尔盖湿地主要地物 TM 影像解译标志

土地类型	色调	形态	纹理
裸地	桃红色	斑状与块状	边界清晰
干涸湖泊	浅蓝色	块状	边界清晰
浓密或绿色植被	绿色	大面积	边界基本清晰
稀疏或枯黄植被	粉红色	块状	边界不清晰
沼泽	蓝色、紫色	不规则	边界不清晰
水体	蓝黑色	河流状、块状	边界清晰,光滑

2.2 湿地光谱特征分析

利用 GPS 定位点,对各个感兴趣区,进行 TM 光谱特征分析。在未经过增强处理的遥感影像上,就沙地、干涸湖泊(兴措湖)、草地、湿地和水体选取一定的研究样本,抽取第 1~7 波段灰度值 $B_1 \sim B_7$ 进行对比分析。由表 2 可见,沙地灰度值随波长的增加而增大,与干枯的湖泊在可见光、近红外区的灰度值混淆,但在第 5、7 波段的短波红外区沙地灰度值明显大于包括干枯的湖泊区在内的其它地表覆盖类型。这表明干涸的湖泊区较沙地湿润。干涸的湖泊与沼泽的光谱特征相似,特别在近红外与短波红外波段,只是在可见光波段干涸湖泊的灰度值略高于沼泽。在草地与湿地沼泽可见光、近红外区的灰度值也有混淆,但二者在短波红外区的表现却有差异,沼泽的灰度值更低,即吸收率更高。高原上的水体洁净度高,在各个波段的灰度值都较低,尤其短波红外波段对水分非常敏感,是湿地提取的上选波段。

表 2 若尔盖典型地表部分采样点的灰度值

地物类型	B_1 :(蓝绿)			B_2 :(绿)			B_3 :(红)			B_4 :(近红外)			B_5 :(短波红外)			B_7 :(短波红外)		
	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均
裸地	66	95	81	40	63	50	53	91	71	57	88	74	114	175	148	74	121	101
草地	43	59	47	22	35	25	21	42	30	80	129	103	76	121	94	22	49	29
干涸湖泊	42	70	54	19	41	29	27	67	45	34	97	65	16	114	58	5	43	20
沼泽	37	52	43	15	27	21	14	40	26	32	81	44	38	98	61	11	38	22
水体	37	60	49	16	34	26	15	46	31	6	28	10	1	13	5	0	6	2

除 7 波段数据可将裸地与其它地物较好分离外,利用单波段数据不容易将其它地物区分,为了提取出水体和沼泽湿地、植被信息,引入归一化植被指数 I_{NDVI} 、归一化水指数 I_{NDWI} 、归一化水分指数 I_{NDMI} 以及改进的归一化水指数 I_{MNDWI} ,根据文献[10]至文献[13],对 TM 而言,各指数定义为:

$$I_{NDVI} = (B_{nir} - B_{red}) / (B_{nir} + B_{red})$$

$$= (B_4 - B_3) / (B_4 + B_3)$$

$$I_{NDWI} = (B_{green} - B_{nir}) / (B_{green} + B_{nir})$$

$$= (B_2 - B_4) / (B_2 + B_4)$$

$$I_{MNDWI} = (B_{green} - B_{swir}) / (B_{green} + B_{swir})$$

$$= (B_2 - B_5) / (B_2 + B_5)$$

$$I_{NDMI} = (B_{nir} - B_{swir}) / (B_{nir} + B_{swir})$$

$$= (B_4 - B_5) / (B_4 + B_5)$$

表3 若尔盖典型地表部分采样点的指数值

地物类型	I_{NDVI}			I_{NDWI}			I_{MNDWI}			I_{NDMI}			$I_{MNDWI} - I_{NDVI}$		
	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均
裸地	-0.16	0.08	-0.1	-0.32	-0.13	-0.19	-0.59	-0.48	-0.53	-0.42	-0.31	-0.38	-0.66	-0.34	-0.42
草地	0.38	0.63	0.52	-0.67	-0.52	-0.6	-0.65	-0.53	-0.58	-0.1	0.14	0.03	-1.24	-1.00	-1.12
干涸湖泊	-0.04	0.38	0.17	-0.54	-0.17	-0.37	-0.56	0.18	-0.28	-0.19	0.37	0.09	-0.84	0.15	-0.45
沼泽	0.03	0.33	0.19	-0.42	-0.21	-0.33	-0.57	-0.31	-0.47	-0.31	-0.01	-0.17	-0.83	-0.41	-0.66
水体	-0.7	0.11	-0.52	-0.11	0.67	0.46	0.28	0.94	0.64	-0.14	0.83	0.25	0.37	1.56	1.16

表3大量的典型地表指数采样结果表明,草地的 I_{NDVI} 平均最高,平均达0.52,明显高于其他地表,但其最小值与沼泽的最大值之间差异不明显,不利于草地与沼泽地边界的自动判识。而对于平均 I_{NDWI} 和 I_{MNDWI} ,水体的值为正,而其他地表为负,归一化水指数和改进的归一化水指数都是水体提取的有效指数,且后者更佳,任何水体都满足 $I_{MNDWI} > 0$,而水体的 I_{NDWI} 有可能出现负值,不便于指数阈值的设定;裸地的 I_{NDMI} 平均值最低,水体的平均值最大,但彼此间差异不明显,地物区分的 I_{NDMI} 阈值设定比较困难。而 $(I_{MNDWI} - I_{NDVI})$ 增强了草地与水体之间以及二者与其他地物之间的差别,是非常有效的草地、水体提取因子。此外,干涸的湖泊和沼泽区各指数均有混淆,不能区分,这是由于刚干涸的湖泊土壤湿润,或有少量积水,并有植被生长,即干涸的湖泊退化为沼泽。

3 实例分析

根据上述的湿地光谱特征,采用图1所示流程对2004年9月16日和1994年8月4日若尔盖湿地TM影像进行主要地物类型的判识试验,结果显示若尔盖湿地的分类结果同目视解译结果(图略)非

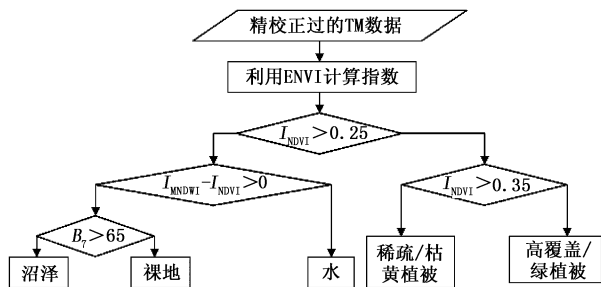


图1 若尔盖湿地主要地物分类流程图

(ENVI: Environment for Visualizing Images, ENVI 4.0 图像处理软件)

常吻合。此外,还将2004年同1994年的判识结果进行对比分析,发现在这10年间,若尔盖的湖泊面积明显缩小,有的湖泊甚至已干涸;居民用地、沙地面积扩大,湿地减少。

4 结果与讨论

通过对川西高原若尔盖湿地TM影像的分析,发现在TM的7、4、3假彩色图上不同地物清晰可见,色调也接近自然色。743假彩色图像特别适合初判识,是若尔盖湿地的目视解译图的上选。沙地在通道7的灰度值明显高于其它地物类型,利用7通道数值能较好地将沙地与其它地物区分。采用 $(I_{MNDWI} - I_{NDVI})$ 可以非常容易地将水体与其他地物区分,没有混淆区。干涸的湖泊区和沼泽区各通道、各指数均有混淆,不能有效区分,这是由于刚干涸的湖泊土壤湿润,或有少量积水,并有植被生长,已由湖泊演化为沼泽。此外,1994年比1984年湖泊面积、沼泽湿地面积明显减小,沙化地面积扩大。

参考文献

- [1] 牛明香,赵庚星,李尊英.南四湖湿地遥感信息分区分层提取研究[J].地理与地理信息科学,2004,20(2):45-52.
- [2] 高志海,魏怀东,丁峰.TM影像荒漠化解译与成图技术研究[J].遥感技术与应用,2002,17(6):293-298.
- [3] 杜红艳,张洪岩,张正祥.GIS支持下的湿地遥感信息高精度分类方法研究[J].遥感技术与应用,2004,19(4):244-248.
- [4] 沈松平,王军,游丽君,等.若尔盖沼泽湿地遥感动态监测[J].四川地质学报,2005,25(2):119-121.
- [5] 雍国玮,石承苍,邱鹏飞.川西北高原若尔盖草地沙化及湿地萎缩动态遥感监测[J].山地学报,2003,21(6):758-762.
- [6] 杜春英,王育光,高永刚,等.黑龙江省湿地资源遥感信息解译分析[J].黑龙江气象,2003,(3):1-3.
- [7] 杨存建,周成虎.TM影像的居民地信息提取方法研究[J].遥感学报,2004,4(2):146-150.
- [8] 李世华,李壁成.城镇与乡村居民地TM影像特征分析[J].水土保持研究,2005,12(3):115-116.

- [9] 邓文胜,关泽群,王昌佐. 从 TM 影像中提取城镇建筑覆盖区专题信息的改进方法[J]. 遥感信息,2004,(4):43-46.
- [10] McFeeters S K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features [J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17: 1425 - 1432.
- [11] Gao Bocai. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of liquid water from space [J]. Remote Sensing of Environment, 1996, 58: 257-266.
- [12] Zarco-Tejada P J, Rueda C A, Ustin S L. Water content estimation in vegetation with MODIS reflectance data and model inversion methods [J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 85:109-124.
- [13] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究. 遥感学报, 2005, 9(5):589-595.

Analysis of TM Imagery Characteristics over Ruoergai Wetland

Min Wenbin¹ Peng Guozhao¹ Luo Lei¹ Guo Haiyan²

(1 Institute of Plateau Meteorology, China Meteorological Administration,

2 Sichuan Provincial Agrometeorological Center, Chengdu 610071)

Abstract: The spectrum characteristics of TM band 1 to 5 and band 7, as well as Normalized Difference Vegetation Index, Normalized Difference Water Index, Normalized Difference Moisture Index, and Modified Normalized Difference Water Index, are analyzed by using TM images of 4 August 1994 and 16 September 2004. The false-color images with bands 7, 4 and 3 combined are used to identify the wetland with human eye and the signs of the Ruoergai wetland on the TM imagery are established. The analysis shows that the band 7 can be used to distinguish sandy lands from the other land cover types, and the difference of Modified Normalized Difference Water Index and Normalized Difference Vegetation Index can be used to identify water bodies effectively with the threshold being greater than 0. The better classification result can be obtained automatically. The result shows that compared with in 1984, the area of lake and wetland in 1994 is less obviously, and the area of sandy land is larger.

Key words: wetland, TM imagery, Normalized Difference Vegetation Index, Normalized Difference Water Index, Normalized Difference Moisture Index, Modified Normalized Difference Water Index