

基于 Landsat 8 影像的湿地信息提取最佳波段组合

颜凤芹^{1,2}, 于灵雪^{1,2}, 杨朝斌^{1,2}, 卜坤¹, 杨久春¹, 常丽萍¹, 张树文¹

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130102; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 湿地在维持生态平衡等方面发挥着重要的作用, 因此, 湿地的监测与保护是研究者们关注的话题。遥感技术的出现为湿地研究提供了强有力的技术支持。在湿地遥感中, 目视解译仍然是湿地信息提取的重要方法。影像的最佳波段的选取与合成作为色彩合成的重要部分, 直接对目视解译的精度产生影响。因而, 遥感影像最佳波段选择与合成是遥感图像处理的一个重要课题。本文以三江平原为例, 探讨了 Landsat 8 影像用于湿地目视解译时的最佳波段选择与组合, 以期对 Landsat 8 影像更有效地应用于湿地信息提取提供参考。

关键词: Landsat 8 影像; 最佳波段组合; 最佳指数 (OIF); 湿地

中图分类号: P237 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-9901(2014)05-0339-05

The optimal bands combination in wetland based on Landsat 8 image

YAN Feng-qin^{1,2}, YU Ling-xue^{1,2}, YANG Chao-bin^{1,2}, BU Kun¹,
YANG Jiu-chun¹, CHANG Li-ping¹, ZHANG Shu-wen¹

(1. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Wetlands play an important role in maintaining ecological balance and so on, therefore, the monitoring and protection of the wetland has aroused widespread concerns. The emergence of remote sensing technology provides a strong technical support for the study of wetland. Visual interpretation is still an important method in wetland information extraction by RS technology. As an important part of color synthesizing, the optimal band combination directly affect the precision of the visual interpretation. Taking the Sanjiang Plain as an example, this paper discusses the optimal band combination in visual interpretation of wetlands based on Landsat 8 image. The result shows that the optimal combination bands for Landsat 8 image interpretation are OLI5, OLI6, and OLI4 assigned with R, G and B primitive color respectively.

Key words: Landsat 8 image; the optimal bands combination; OIF; wetland

湿地是地球上水陆相互作用形成的独特生态系统, 是重要的生存环境和自然界最富有生物多样性的生态景观之一, 具有稳定环境、物种基因保护及资源利用等功能, 被誉为“地球之肾”、“生命的摇篮”、“文明的发源地”和“物种的基因库”, 与森林、海洋一起并列为全球三大生态系统 (殷康前和倪晋仁, 1998; 孙广友, 2000; 杨永兴,

2002)。然而, 由于各种自然因素和人为因素, 湿地正在以惊人的速度遭到破坏。湿地的监测和保护受到人们的广泛关注。

湿地多处于偏远地区, 采用传统的手段来监测费时、费力、耗费高, 调查范围小, 对湿地有破坏性, 而且其周期性较长, 往往需要几个月甚至几年, 时效性差。遥感技术因具有省时省力等优势, 可

收稿日期: 2014-07-07

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项子课题 (XDA05090310); 国家重点基础研究发展计划 (2010CB95090103); 国家科技基础性工作专项子课题 (2013FY111806)

通讯作者: 张树文, E-mail: zhangshuwen@neigae.ac.cn

为湿地研究提供强有力的技术支撑。由于 Landsat 系列数据 (MSS、TM、ETM+ 等影像) 性价比较高, 在目前的湿地遥感研究中应用最为广泛 (Houhoulls and Mlchene et al, 2000; Wright and Gallant, 2007; Frohn et al, 2012; 张树文等, 2013)。在湿地遥感监测中, 虽然自动分类省时省力, 但提取精度 (一般小于 80%) 相对于目视解译 (85% 以上) 依然偏低, 因而目视解译湿地仍然受到国内外研究者的青睐 (Houhoulls and Mlchene, 2000; 李颖等, 2002; Wright and Gallant, 2007; Bortels et al, 2011; Frohn et al, 2012; Michishita et al, 2012; Niu et al, 2012; 张树文等, 2013)。由于 Landsat 7 号星故障及 Landsat 5 号星退役, 使得 Landsat 对地观测中断约 1 年零 4 个月。2013 年 2 月 11 日, Landsat 8 卫星发射, 使一度中断的 Landsat 对地观测得以继续。与 Landsat 7 相比, Landsat 8 在延续的基础上, 波段有所增加, 波段光谱范围有所变化, 信息更为丰富, Landsat 8 的 OLI 影像已经被广泛应用于土地利用 / 覆盖类型监测等各个方面 (徐涵秋和唐菲, 2013; 张雨航和蒋国胜, 2013; Jiang et al, 2013; El-Askary et al, 2014; Jia et al, 2014; Lobo et al, 2014)。目前, 遥感技术的应用主要是通过有效的图像合成、处理来获取湿地信息, 并进行相关的定量分析。多光谱影像最佳波段的选取与合成作为色彩合成的重要部分, 直接影响到影像信息量的丰富与否, 进而直接对湿地信息提取的精度产生影响。前人对于 Landsat MSS、TM、ETM+ 等影像在湿地信息提取的最佳波段选取与组合已有研究, 但是鲜有 OLI 影像在湿地信息提取中的最佳波段选取与组合。本文以三江平原湿地为例, 通过选取典型样地并在统计分析的基础上探讨了湿地目视解译中的最佳波段选择与组合, 以期 OLI 影像更广泛和更有效地应用于湿地信息提取提供参考依据。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

三江平原位于黑龙江省的东北部, 总面积 $10.89 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占黑龙江省土地总面积的 22.6%。是由黑龙江、松花江、乌苏里江冲积形成的低平原, 经纬度范围 $45^\circ 01' 05'' \text{N} \sim 48^\circ 27' 56'' \text{N}$, $130^\circ 13' 10'' \text{E} \sim 135^\circ 05' 26'' \text{E}$ 。其地貌特征为广阔的冲积低平原和河流形成的阶地、以及河漫滩上广泛发育着的沼泽和沼泽化草甸。三江平原是我国三

大内陆沼泽湿地集中分布区之一, 并且是全国重要的粮食生产基地。

1.2 数据源及其预处理

本研究采用的卫星遥感数据是 Landsat 8 遥感影像。Landsat 8 卫星发射于 2013 年 2 月 11 日, Landsat 8 卫星数据很好地延续了 Landsat 系列卫星。其设计和特征与 Landsat 7 基本相同, 因而 Landsat 8 影像数据与前期 Landsat 数据保持了很高的一致性。与 Landsat 7 相比, Landsat 8 新增了 1 个深蓝波段 (用于监测近岸水体和大气中的气溶胶, 因此也称海岸 / 气溶胶波段) 和 1 个卷云波段 (用于检测卷云); 将原热红外波段的光谱范围一分为二, 设置了 2 个热红外波段; 收窄了原近红外波段的光谱范围; 收窄了原全色波段的光谱范围, 新的全色波段的光谱范围不再覆盖近红外波段。本次研究采用的影像行列编号为 115/028, 影像获取日期为 2013 年 7 月 7 日。

1.3 方法

最佳波段选择的原则有 3 点 (章孝灿和黄智才, 2003): (1) 参与彩色合成的波段所含信息量大; (2) 参与彩色合成的各波段间的相关性小; (3) 研究地物类型的光谱特征差异要最大。因此, 信息量大、相关性小、地物光谱差异大的波段组合即为最佳波段组合。在 ENVI 软件的支持下, 本文采取如下的方法来提取最佳波段组合。

(1) 单波段信息的统计分析

Landsat 8 遥感影像的各个波段包含的地物信息多寡不一, 通过对各波段的最大值、最小值、均值、方差等的排序, 对各个波段的信息量可以有初步的认识。研究区典型地物的特征光谱曲线的获取可以为最佳波段的选取提供参考依据。

(2) 多波段相关性分析

相关性分析是指对两个或多个具备相关性的变量元素进行分析, 从而衡量两个变量因素的相关密切程度。多波段相关性分析可以得出各波段间重叠与相关的程度。用相关性较小的波段进行合成可以减少波段之间的冗余, 提高图像的质量。相关系数的计算公式如下:

$$R_{ij} = S_{ij}^2 / (S_i \times S_j) \quad (1)$$

式中, S_i 和 S_j 分别为图像 i 波段和 j 波段的标准差; S_{ij}^2 为图像 i 波段和 j 波段的协方差。

(3) 最佳指数 OIF 分析

最佳指数法 (Optimal index factor, OIF) 由

美国查维茨提出, 综合考虑了单波段图像的信息量及各波段间的相关性, 将标准差和相关系数有效地统一起来, 提高了判断的准确性(姜小光等, 2000), 其计算公式如下所示:

$$OIF=\sum_{i=1}^3S_i/\sum_{j=1}^3|R_{ij}|$$
 (2)

式中 S_i 是指第 i 个波段的标准差; R_{ij} 是指 i 、 j 两波段的相关系数。OIF 指数值越大, 表明相应的波段组合包含的信息量越大, 组合效果最佳。

2 结果与分析

2.1 Landsat 8 单波段信息分析

2.1.1 单波段光谱特征统计

表 1 统计了实验数据的各个波段的基本信息, 包括最小值、最大值、亮度差、均值、标准差, 统计信息值反映了遥感影像所包含的信息, 亮度差、标准差越大说明图像的反差大、信息量丰富。

从表 1 中我们可以看到:

2013 年 7 月 7 日的影像亮度差的排序为: 6>5>4>7>3>2>1>9; 标准差的排序是: 5>6>7>4>3>2>1>9。因此仅从单波段统计的特征值来看, 5、6、4、7 波段的信息比较丰富。

2.1.2 典型地物光谱特征曲线

通过在影像上选取典型地类的感兴趣区, 分别对水体、植被、建设用地、农田、沼泽五类典型地类在不同位置上采集 20 个样点, 最后取均值绘制典型地物光谱特征曲线(如图 1 所示)。从图中, 我们可以看出: 研究区的典型地物在第 5 波段比较容易区分, 建设用地与沼泽在第 4、7 波段比较容易区分; 水体与沼泽在 4、5、6 波段都比较容易区分; 农田与植被只在第 5 波段比较容易分离; 在第 9、1、2、3 波段, 各地物类型都不太容易区分。

表 1 研究区单波段图像光谱特征统计
Table 1 The statistics of spectrum characteristics in studyarea

波段	最小值	最大值	亮度差	均值	标准差
OLI1	9203	45542	36339	9925.832	427.641
OLI2	8018	54176	46158	8966.392	504.840
OLI3	7025	61519	54494	8493.845	584.208
OLI4	6261	65535	59274	7376.922	926.385
OLI5	4994	65535	60541	19552.149	3486.822
OLI6	4739	65535	60796	12361.934	1651.620
OLI7	4947	64004	59057	8500.215	1469.966
OLI9	4975	5342	367	5044.571	16.076

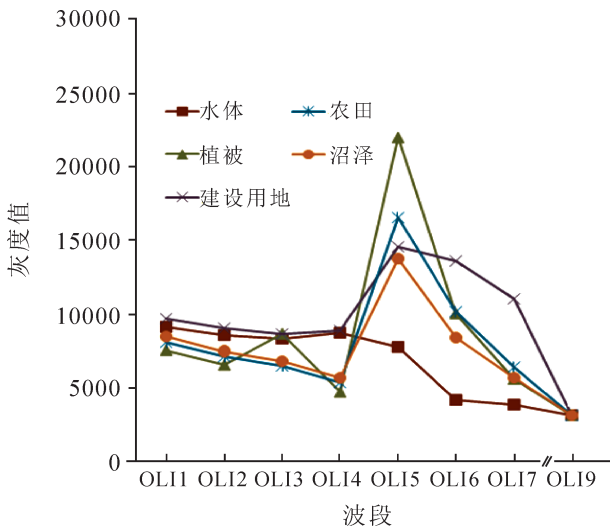


图 1 实验影像典型地物光谱特征曲线
Fig.1 Signatures of the main land cover classes of the test images

2.2 相关系数分析

利用 ENVI 软件, 对 OLI 影像的 OLI1、OLI2、OLI3、OLI4、OLI5、OLI6、OLI7、OLI9 八个波段之间的相关系数进行计算, 得到的结果见表 2。

从表 2 中可以得出如下信息:

- (1) 波段 5 与其他波段的相关系数都很低, 因此可以优先考虑波段 5。
- (2) 1、2、3、4 波段之间的相关系数都很高 (0.993, 0.895, 0.907, 0.923, 0.939, 0.942); 波段 6 和波段 7 之间的相关系数很高, 达到 0.880; 波段 4 与波段 7 之间的相关系数也很高, 达到 0.814; 因此 (1, 2, 3, 4)、(6, 7) (4, 7) 每组中的任意两个波段进行组合都会带来较大的信息冗余, 应尽量避开这些组合。

（3）波段 9 与各个波段的相关系数都不高，但是考虑到波段 9 是卷云波段，主要用于探测积云，且其信息量不丰富，因此不建议采用波段 9。

2.3 OIF 指数分析

将标准差、相关系数带入到 OIF 指数公式可以计算出相应的 OIF 指数（见表 3）。由于 OLI9 的信息不够丰富，并且 OLI9 主要用于探测卷云，故排除 OLI9，只对前 7 个波段的波段组合进行 OIF 指数计算。

从表中可以看出，OIF 前 5 位的是：356、456、156、256、567，这些都是理想的候选波段。单看 OIF 指数，是无法直接判定的，还需要综合前面的各种分析。在前面的各种分析中，第 6 波段与第 7 波段的相关系数达到 0.880，因此排除 567 波

段组合；第 4 波段的信息比 1、2、3 波段丰富，且研究区的典型地类在第 4 波段较比第 1、2、3 波段更容易区分。综上分析可知，在目视解译中，利用 Landsat 8 提取湿地的最佳的波段组合为 4、5、6 波段。

最佳波段已经选出，但要想得到最佳彩色合成图像，还需要确定赋色方案。在 ENVI 中，导入 4、5、6 波段，进行红绿蓝配色可以得到 6 种方案。经过目视效果的反复比较，5、6、4 波段分别赋予红、绿、蓝合成得到的图像地面信息丰富，色彩反差明显，地物纹理清楚，便于将湿地分离出来，并且其色彩显示规律与常规合成片相近，适合遥感专业人员的目视解译与判读。如果将 6、5、4 波段分别赋予红、绿、蓝，可以得到近似自然彩色的图像，适合非遥感应用专业人员使用。

表 2 研究区波段之间的相关系数矩阵
Table 1 The correlation matrix between bands in study area

相关系数	OLI1	OLI2	OLI3	OLI4	OLI5	OLI6	OLI7	OLI9
OLI1	1							
OLI2	0.993	1						
OLI3	0.895	0.923	1					
OLI4	0.907	0.939	0.942	1				
OLI5	-0.509	-0.497	-0.314	-0.479	1			
OLI6	0.430	0.467	0.603	0.548	0.142	1		
OLI7	0.712	0.744	0.784	0.814	-0.279	0.880	1	
OLI9	0.094	0.072	0.037	0.016	0.024	0.019	0.003	1

表 3 各波段组合 OIF 指数及其排序
Table 3 The OIF index and its rank

组合	OIF	排序	组合	OIF	排序	组合	OIF	排序	组合	OIF	排序
356	5404.381	1	345	2879.998	10	367	1635.221	19	147	1160.532	28
456	5186.592	2	235	2638.475	11	146	1594.052	20	127	1055.168	29
156	5144.064	3	135	2617.684	12	246	1580.528	21	237	1044.205	30
256	5144.295	4	245	2568.507	13	346	1510.648	22	137	1037.819	31
567	5081.073	5	145	2554.206	14	136	1381.218	23	234	718.778	32
357	4024.959	6	125	2209.743	15	236	1377.538	24	134	706.182	33
457	3724.736	7	467	1805.534	16	126	1369.136	25	124	654.828	34
257	3593.716	8	167	1755.248	17	347	1173.15	26	123	539.461	35
157	3588.986	9	267	1737.586	18	247	1162.126	27			

3 讨论与结论

基于遥感自动分类提取湿地信息的方法虽然省时省力，但提取精度（一般小于 80%）相对于目视解译（85% 以上）依然偏低，因而目视解译湿地仍然受到国内外研究者的青睐。多光谱影像

的最佳波段的选取与合成作为色彩合成的重要部分，直接对目视解译的精度产生影响。本文以三江平原为例，探讨了目视解译湿地时，Landsat 8 影像的最佳波段选择与组合，得出以下结论，并进行相关讨论。

(1) 运用 OIF 指数,同时结合 Landsat 8 各个波段的统计信息和相关系数、地物光谱曲线进行综合分析是进行最佳波段选择的一种简单快捷的方法。可以利用此方法探讨目视解译其他地类,Landsat 8 作为主要数据源时的最佳波段组合。

(2) Landsat 8 很好地传承了 Landsat 系列卫星的基本特征,信息更加丰富,在湿地遥感中仍然可以作为主要的数据源。但是其新增的深蓝波段(OLI1)和卷云波段(OLI9)在目视解译提取湿地信息时,发挥的作用不大。在今后的研究中可以进一步探讨新增的波段在湿地的计算机自动分类及其湿地的环境监测等工作中的应用。

(3) 研究认为,利用 OLI 影像进行湿地的目视解译提取时,最佳的波段组合为 4、5、6 波段(对应于 Landsat TM 影像的 3、4、5 波段),此波段组合的信息最为丰富;并且 OLI564 分别赋予红、绿、蓝是最适合遥感专业人员目视解译的赋色方案。

参考文献

- 李颖,张养贞,张树文. 2002. 三江平原沼泽湿地景观格局变化及其生态效应[J]. *地理科学*, 22(6): 677-682. [Li Y, Zhang Y Z, Zhang S W. 2002. The landscape pattern and ecologic effect of the marsh changes in the Sanjiang Plain [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 22(6): 677-682.]
- 姜小光,王长耀,王成. 2000. 成像光谱数据的光谱信息特点及最佳波段选择[J]. *干旱区地理*, 23(3): 215-220. [Jiang X G, Wang C Y, Wang C. 2000. Optimum band selection of hyperspectral remote sensing data [J]. *Arid Land Geography*, 23(3): 215-220.]
- 孙广友. 2000. 中国湿地科学的进展与展望[J]. *地球科学进展*, 15(6): 666-672. [Sun G Y. 2000. Development and prospect of wetland science in China [J]. *Advance in Earth Sciences*, 15(6): 666-672.]
- 徐涵秋,唐菲. 2013. 新一代 Landsat 系列卫星: Landsat 8 遥感影像新增特征及其生态环境意义[J]. *生态学报*, 33(11): 3249-3257. [Xu H Q, Tang F. 2013. Analysis of new characteristics of the first Landsat 8 image and their eco-environmental significance [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 33(11): 3249-3257.]
- 杨永兴. 2002. 国际湿地科学研究的主要特点、进展与展望[J]. *地理科学进展*, 21(2): 111-120. [Yang Y X. 2002. Main characteristics, progress and prospect of international wetland science research [J]. *Progress in Geography*, 21(2): 111-120.]
- 殷康前,倪晋仁. 1998. 湿地研究综述[J]. *生态学报*, 18(5): 93-100. [Yin K Q, Ni J R. 1998. Review of wetland studies [J]. *Acta ecologica sinica*, 18(5): 93-100.]
- 章孝灿,黄智才. 2003. 遥感数字图像处理[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 154-157, 163-164. [Zhang X C, Huang Z C. 2003. Remote sensing digital image processing [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 154-157, 163-164.]
- 张树文,颜凤芹,于灵雪,等. 2013. 湿地遥感研究进展[J]. *地理科学*, 33(11): 1406-1412. [Zhang S W, Yan F Q, Yu L X, et al. 2013. Application of remote sensing technology to wetland research [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 33(11): 1406-1412.]
- 张雨航,蒋国胜. 2013. 基于 TM 和 OLI 的鞍山城区南部土地利用/覆盖时空变化研究[J]. *北方环境*, 25(10): 50-54. [Zhang Y H, Jiang G S. 2013. Study on temporal and spatial variation of land use /cover in south of Anshan based on TM and OLI [J]. *Northern Environment*, 25(10): 50-54.]
- Bortels L, Chan J C W, Merken R, et al. 2011. Long-term monitoring of wetlands along the Western-Greek Bird Migration Route using Landsat and ASTER satellite images: Amvrakikos Gulf (Greece) [J]. *Journal for Nature Conservation*, 19(4): 215-223.
- Frohn R C, D'Amico E, Lane C, et al. 2012. Multi-temporal sub-pixel Landsat ETM+ classification of isolated wetlands in Cuyahoga County, Ohio, USA [J]. *Wetlands*, 32(2): 289-299.
- El-Askary H, Abd El-Mawla S H, Li J, et al. 2014. Change detection of coral reef habitat using Landsat-5 TM, Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI data in the Red Sea (Hurghada, Egypt) [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 35(6): 2327-2346.
- Houhoulls P F, Milchene W K. 2000. Detecting wetland change: A rule-based approach using NWI and SPOT-XS data [J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66: 205-211.
- Jiang G Z, Han B, Gao Y, et al. 2013. Review of 40-year earth observation with Landsat series and prospects of LDCM [J]. *Journal of Remote Sensing*, 17(5): 1033-1048.