

· 前沿评述 ·

doi: 10.3969/j.issn.1674-6732.2013.06.001

Landsat 8 卫星 OLI 遥感影像在生态环境监测中的应用研究

李旭文, 牛志春, 姜 晟, 金 焰, 彭露露
(江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036)

摘 要: 利用美国 2013 年 2 月发射的 Landsat 8 卫星上运营性陆地成像仪 OLI 获取的太湖流域遥感影像数据, 开展了其在大气能见度、蓝藻水华及建设用地等生态环境监测领域中的应用研究。研究表明, Landsat 8 卫星向未来延续了 Landsat 系列的长时期对地观测能力, 且观测性能有所优化, 适合对区域能见度、湖泊蓝藻水华、生态系统格局等生态环境问题进行反演和分析, 是生态环境监测的重要遥感信息源。

关键词: Landsat 8; 遥感; 生态环境; 监测

中图分类号: X87

文献标识码: B

文章编号: 1674-6732(2013)-06-0001-05

Study on the Usage of Landsat 8 Satellite Remote Sensing Image in Ecological Environment Monitoring

LI Xu-wen, NIU Zhi-chun, JIANG Sheng, JIN Yan, PENG Lu-lu
(Jiangsu Provincial Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210036, China)

ABSTRACT: After the launch of Landsat 8 in February, 2013, the image data from the on-board Operational Land Imager (OLI) covering Lake Taihu were processed and examined to explore their potential in ecological environment monitoring. Study showed that Landsat 8 has successfully continued the earth observation capabilities of Landsat series towards future, and the performance is enhanced, the acquired data are suitable for retrieving and assessing ecological environment issues such as regional visibility, cyanobacteria in lakes and spatial patterns of ecological classes. It is revealed that Landsat 8 is an important source of remote sensing information.

KEY WORDS: Landsat 8; remote sensing; ecological environment; monitoring

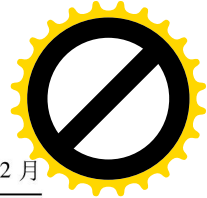
自 1972 年美国发射第一颗陆地卫星 Landsat 1 以来, Landsat 卫星系列相继发射 7 颗, 星载传感器 MSS、TM、ETM+ 完成了 40 年的连续对地观测, 积累了有史以来最完整、全球覆盖、时间连续的对地观测影像资料, 为研究地球生态环境问题提供了宝贵的基础资料^[1,2]。近年来, 美国组织实施了 Landsat 后续星数据连续任务 LDCM (Landsat Data Continuity Mission) 项目^[3]。2013 年, LDCM 计划设计的卫星投入业务化运行, 并正式命名为 Landsat 8。通过美国地质调查局 (USGS) 的数据分发网站 glovis.usgs.gov 和 earthexplorer.usgs.gov 向全球用户提供免费下载服务。Landsat 8 上携带有两个主要载荷: 运营性陆地成像仪 OLI (Operational Land Imager) 和热红外传感器 TIRS (Thermal Infra-

red Sensor)。与 Landsat 7 的 ETM+ 相比, OLI/TIRS 在波段设置、辐射分辨性能和扫描方式上都得到很大改进^[3,4], 其中 OLI 共包括 9 个波段, 新增海岸带 (Coastal) 监测和卷云 (Cirrus) 识别波段, TIRS 则设置了两个热红外波段。为了解最新 Landsat 8 OLI 遥感信息在生态环境监控中的使用价值, 下载了 2013 年 4 月中旬以来过境江苏省太湖流域的 WRS (参考号为 119/38) 影像数据, 选择了大气能见度、太湖蓝藻水华以及企业仓储厂房建

收稿日期: 2013-10-10

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项基金资助项目 (2013ZX07502001-05); 江苏省灰霾遥感监测技术方法研究及业务化运行示范基金资助项目 (2011030)。

作者简介: 李旭文 (1966—), 男, 研究员级高工, 硕士, 从事环境信息系统、环境遥感应用、生态监测等领域的研究工作。



设用地 3 个领域开展了其在生态环境监测中应用评价试验研究。

1 Landsat 8 传感器的新特性

Landsat 8 星载 OLI 和 TIRS 两台传感器, OLI

有 9 个光谱波段(波段 1—9), 与 Landsat 7 ETM + 相比增加 2 个波段, 波段范围有所变化。分辨率为 15 m(全色波段)和 30 m(多光谱波段), TIRS 有 2 个波段(波段 10, 11)。两者的对比见表 1。

表 1 Landsat 8 星载 OLI 和 TIRS 的技术参数

Landsat - 8	波段	1	2	3	4	5	6	7	8(全色)	9	10	11
	波长范围/ μm	0.433 ~ 0.453	0.450 ~ 0.515	0.525 ~ 0.600	0.630 ~ 0.680	0.845 ~ 0.885	1.560 ~ 1.660	2.100 ~ 2.300	0.500 ~ 0.680	1.360 ~ 1.390	10.6 ~ 11.2	11.5 ~ 12.5
	地面分辨率/m	30	30	30	30	30	30	30	15	30	100	100
	辐射分辨率/bit	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Landsat - 7 ETM	波段	1	2	3	4	5	7	8(全色)	6			
	波长范围/ μm	0.450 ~ 0.515	0.525 ~ 0.605	0.630 ~ 0.690	0.775 ~ 0.900	1.550 ~ 1.750	2.090 ~ 2.350	0.520 ~ 0.900	10.4 ~ 12.5			
	地面分辨率/m	30	30	30	30	30	30	15	60			
	辐射分辨率/bit	8	8	8	8	8	8	8	8			

OLI 新增的波段 1 位于深蓝波长区, 主要用于海岸带及陆域大型水面的水色及气溶胶监测, 可用于近岸海域水质、赤潮、浒苔、悬浮物的监测和反演; 新增的波段 9 用于卷云检测, 位于强烈吸收谱段, 可有效剔除强烈反射太阳辐射的卷云对遥感带来的干扰。徐涵秋等研究认为, 波段 9 还可用于区分裸土和不透水建筑地面^[4]。

以往的 Landsat TM/ETM + 的热红外波段只有单通道, Landsat 8 的 TIRS 新设计了两个通道, 中心波长及范围的设计和基于“分裂窗算法”^[5]、技术成熟且已业务化的 AVHRR 第 4/5 波段组合、MODIS 31/31 通道组合基本一致, 地面分辨率达到 100 m, 有望较以往 TM/ETM + 的单窗、单通道算法提供更好的地表温度反演精度, 对陆面及大型水体热环境、温度场的监测有重要价值, 可望在湖泊蓝藻所需的生境水温监测、城市热环境分析、高耗能的国控重点污染源调查中发挥价值。

2 数据获取及处理方法

从 USGS 的 Landsat 数据下载网站获得了太湖

流域 2013 年 4 月 14 日、6 月 17 日、7 月 3 日、7 月 19 日和 8 月 4 日共 5 景 Landsat 8 OLI 影像资料。为比较分析, 从江苏省空气自动监测站网系统中获得了同期的无锡、常州、镇江、泰州、南通等地空气质量自动监测数据。

Landsat 8 数据必须利用最新发布 ENVI 5.0 SP 3 版本才能打开和处理。数据处理流程见图 1。

3 结果与分析

3.1 区域能见度监测

2013 年 4 月—8 月初 5 景 Landsat 8 OLI 影像资料反演的太湖地区区域能见度, 以及无锡、常州、镇江、泰州、南通、苏州等该景影像内主要城市空气自动站监测得到的卫星过境时刻的 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 小时均值数据见表 2, 各市 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 小时均值与遥感反演能见度的散点关系见图 2。

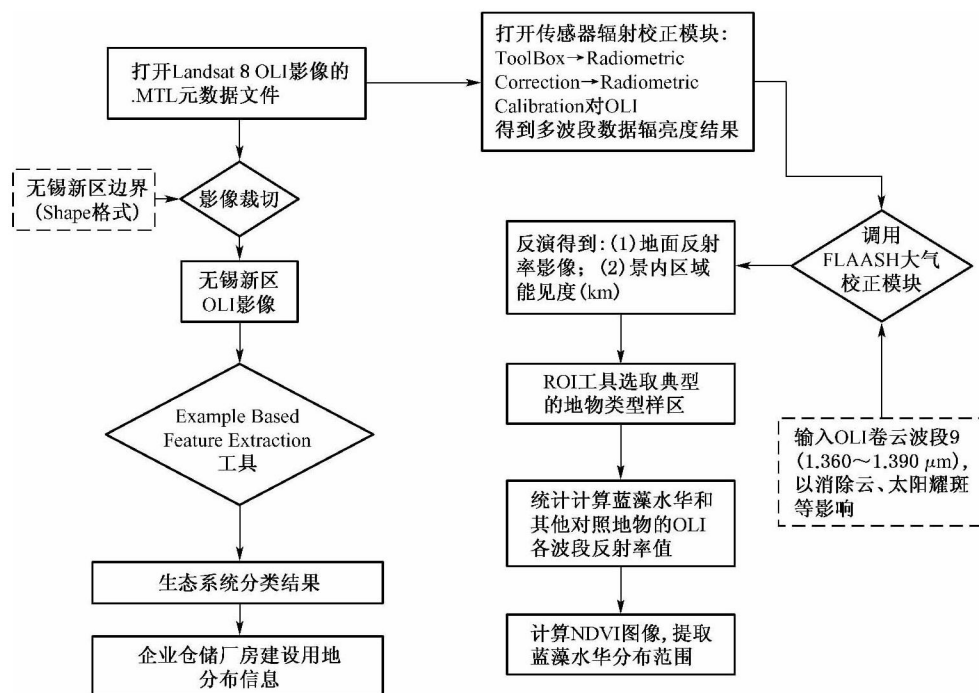
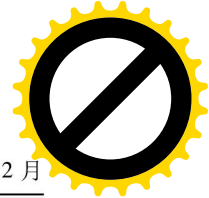


图1 ENVI 软件处理 Landsat 8 OLI 数据流程

表2 Landsat 8 OLI 数据遥感反演太湖流域区域能见度与景内地面主要城市卫星过境时刻空气质量监测结果比较

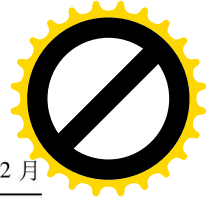
日期	云量/%	大气模式	气溶胶 模式	遥感反演 能见度/ km	影像内主要城市空气质量自动监测数据/($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)											
					无锡		常州		镇江		泰州		南通		苏州	
					PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀
2013-04-14	0.98	MLS	Rural	9.3350	48	126	55	111	41	165	74	145	74	212	52	78
2013-06-17	40.13	Tropical	Rural	24.292 3	48	50	53	88	61	110	63	103	104	185	55	66
2013-07-03	68.35	Tropical	Rural	30.546 5	17	46	28	65	27	65	28	86	43	130	28	61
2013-07-19	12.1	Tropical	Rural	23.066 7	27	62	22	44	30	63	29	73	19	62	14	146
2013-08-04	68.96	Tropical	Rural	34.922 9	23	34	21	36	30	83	34	91	56	126	17	56

注:MLS 为中纬度夏季大气模式,适用于太湖流域冬春季,Tropical 为热带大气模式,适用于温度较高的夏秋季;FLAASH 大气校正“暗像元”搜索条件取 Landsat 8 波段 4 与波段 7 的反射率比值上限为 0.45;PM_{2.5}、PM₁₀ 均为 Landsat 8 过境时刻约 11:00 小时均值。

由图 2 可以看出,除了苏州外,其他 5 个城市的遥感反演区域能见度与 PM₁₀ 有较明显的消长关系,与 PM_{2.5} 则可能存在一定的消长关系。其中,2013 年 4 月 14 日的遥感反演能见度值 < 10 km。根据中国气象局颁布的《霾的观测和预报等级》(QX/T 113—2010),能见度(V)在 5~10 km 间为轻微霾天气,因此当天的 Landsat 8 过境时刻前后,太湖流域处于轻度灰霾状态;无锡、常州、镇江、泰州、南通的 PM₁₀ 也表明介于轻度污染~中度污染状态。2013 年 6 月—8 月初的 4 景 Landsat 8 OLI

数据均反演得到较高的区域能见度值,同期地面空气自动站监测的 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 小时均值等颗粒物指标也表明空气质量处于优良状态。

由于 Landsat 8 在轨业务化运行时间不长,更长时期的一致性验证有待更多影像资料的积累。另一方面,Landsat 8 上的 OLI 和早期的 TM 多光谱遥感仪器一样,更适用于监测 PM₁₀ 颗粒物指标的区域性总体状态^[6]。由于 OLI 新增了专门对高亮卷云进行检测的波段 9、监测水色及气溶胶的波段 1,可以更为精确地剔除云层对大气校正的干扰以



及反演气溶胶参数。可以预见,综合运用这些波段的信息将能够提高大气污染遥感监测水平。

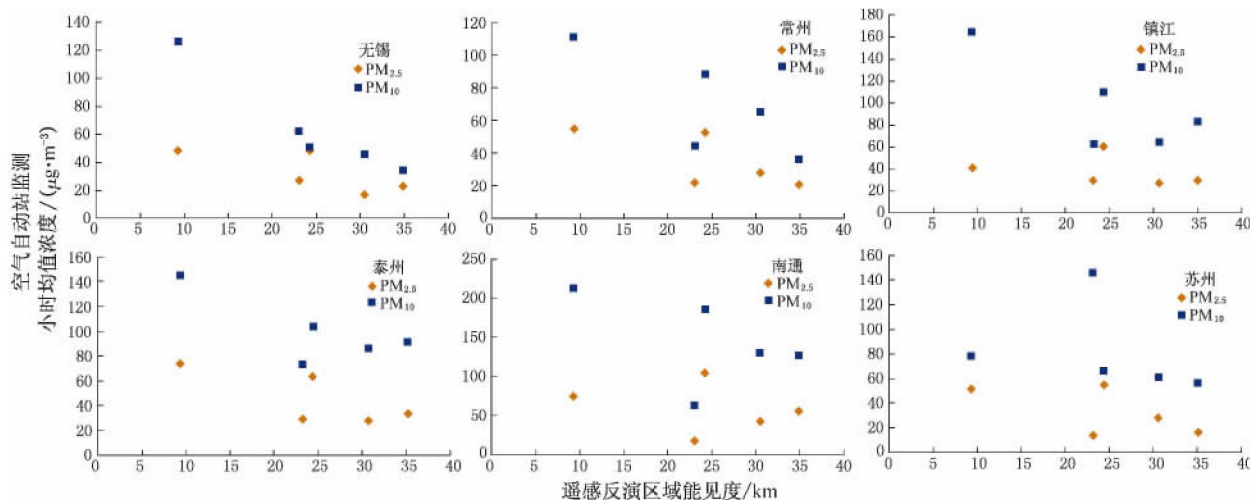


图2 影像内主要城市空气质量自动监测数据与 Landsat 8 OLI 反演的区域能见度值的散点图

3.2 蓝藻水华监测

选择 2013 年 4 月 14 日云景较少的影像开展了蓝藻水华分析,其时在太湖西南部兰山嘴至夹浦沿岸带已经有明显的蓝藻水华发生,在完成大气校正后的反射率影像上,用 ENVI 软件的 ROI 工具圈取了水华区、无蓝藻水华水体(一般水体区)、农田作物、山林植被样区,统计得到 Landsat 8 波段 1—7 的光谱反射率均值(表 3)和波段光谱反射率曲线(图 3),其特征与以往基于 Landsat TM/ETM+、环境卫星 CCD 的反演结果一致^[7]。

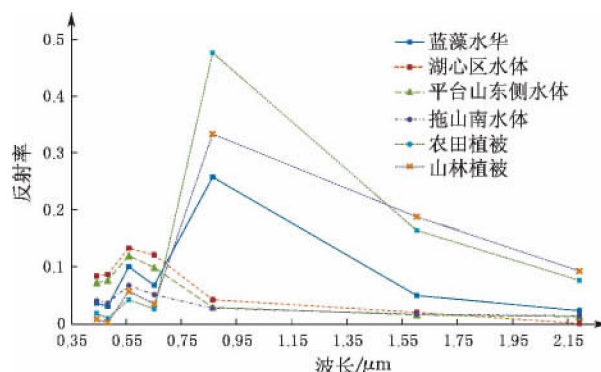


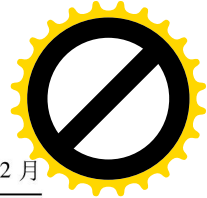
图3 太湖蓝藻水华与其他对照地物样区的 OLI 波段反射率曲线

表3 太湖蓝藻水华与其他对照地物样区 OLI 各波段反射率

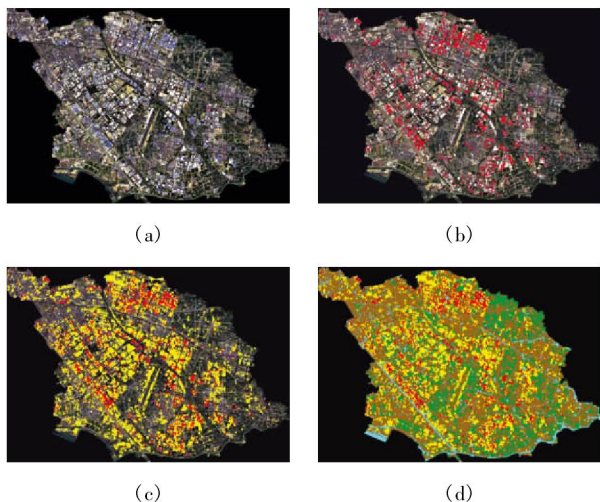
波长/ μm	反射率					
	蓝藻 水华	湖心区 水体	平台山 东侧水体	拖山南 水体	农田 植被	山林 植被
0.443	0.036 0	0.083 5	0.072 1	0.039 9	0.018 5	0.007 3
0.482 6	0.030 5	0.086 7	0.076 8	0.035 4	0.008 4	0.001 7
0.561 3	0.099 5	0.132 9	0.118 8	0.067 2	0.042 2	0.057 4
0.654 6	0.067 7	0.121 0	0.099 1	0.050 9	0.026 1	0.034 2
0.864 6	0.257 8	0.041 2	0.028 4	0.027 6	0.477 3	0.334 0
1.609	0.050 0	0.020 0	0.015 7	0.016 7	0.163 5	0.187 9
2.201	0.022 7	0.000 5	0.012 7	0.013 0	0.076 8	0.092 7

3.3 企业仓储厂房建设用地分布

观察太湖流域 Landsat 8 的真彩色合成影像(图 4),可以发现大型厂房和仓储建筑物大多使用蓝色的彩钢板作为屋顶材料,且具有矩形、直角形空间特征,与老旧建筑物对比明显。利用大气校正后的无锡新区一带的 Landsat 8 反射率影像,利用 ENVI 5.0 的面向对象特征提取 Example Based Feature Extraction 工具进行大型厂房和仓储建筑物分布信息提取试验。影像分割 Edge 算法, Scale Level 取 1.0^[8]; Merge 为 Full Lambda Schedule 算法, Merge Level 取 0;然后在真彩色影像上确定蓝色屋顶、亮黄色建筑区、暗褐色老建筑区、植被、水体五大类样区,以 SVM(光谱向量机)为地物分类算法。最终提取了无锡新区大型厂房和仓储空间分布信息。统计结果见表 4,生态系统中植被、水



体等自然要素的占比只有约 32%，表明无锡新区国土空间开发强度较大，几乎达到 70%。



(a) 无锡新区 Landsat 8 波段 4(R) 3(G) 2(B) 真彩色合成影像
(b) 红色图斑为真彩色影像上显示为蓝色的企业仓储厂房的彩钢屋顶
(c) 黄色图斑为真彩色影像上显示为较亮黄白色、建成时间较新的建筑物群
(d) 棕褐色图斑为真彩色影像上较暗褐色的老旧建筑物，绿色图斑为植被，湖蓝色为水体

图 4 无锡新区 Landsat 8 OLI 影像及面向对象的影像分割技术提取企业仓储厂房建设用地分布

表 4 无锡新区企业仓储厂房建设用地分布信息提取结果

地物类型	累计面积/km ²
蓝色彩钢屋顶	14. 216 4
亮黄色屋顶	42. 195 6
老旧房屋顶及道路	103. 687 2
植被	42. 126 3
水体	13. 406 4
总计	215. 631 9

4 结语

以上研究结果表明，Landsat 8 卫星较好地面向未来延续了 Landsat 系列的长时期对地观测数据服务能力，为生态系统的长期、持续观测和监控提供了重要的支持。在观测能力方面体现了新的特点，新增了探测大型水体水色、气溶胶的深蓝波段 1，以及位于水分子强烈吸收谱段、专门检测卷云的波段 9，性能有所优化，光谱辐射亮度的采样量化能力达到 12 比特位精度，较以往 TM 的 8 比特位量化水平有大大提高，可更好地区分生态系统类型的微弱光谱差异，适合对区域能见度、湖泊蓝藻水华、生态系统格局等生态环境问题进行反演和分析，充分利用好 Landsat 8 的观测能力，将有助于提高流域和区域生态环境监测水平。

[参考文献]

- [1] 姜高珍. Landsat 对地观测四十年回顾及 LDCM (Landsat 8) 前瞻 [J]. 红外与激光工程, 2008, 37(5): 878-883.
- [2] USGS. Landsat Missions. <http://landsat.usgs.gov/index.php>. 2013/9/18.
- [3] USGS. Landsat Data Continuity Mission (LDCM) -Landsat 8. http://landsat.usgs.gov/LDCM_Landsat8.php. 2013/9/18.
- [4] 徐涵秋, 唐菲. 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, 2013, 33(11): 3249-3257.
- [5] 梁顺林. 定量遥感 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [6] 李旭文, 牛志春, 王经顺, 等. 遥感影像反演区域能见度及其与地面空气质量监测数据一致性研究 [J]. 环境监测管理和技术, 2011, 23(1): 20-27.
- [7] 李旭文, 牛志春, 姜晟. Landsat 5 TM 遥感影像上太湖蓝藻水华反射光谱特征研究 [J]. 环境监测管理和技术, 2010, 22(6): 54-57.
- [8] 邓书斌. ENVI 遥感图像处理方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.

(栏目编辑 周立平)

投稿须知

为提高编辑部工作效率，缩短稿件审改周期，《环境监控与预警》编辑部在线采编系统现已启用，投稿时，请作者进入《环境监控与预警》编辑部网站 (<http://www.hjjkyyj.com>)。首先注册用户名，填写相关信息后登陆，按页面提示要求进行投稿及查询。谢谢合作！

《环境监控与预警》编辑部