

文章编号:1673-8411(2019)02-0042-06

天宫二号对地观测数据与 Landsat8 卫星遥感影像对比分析

蒙良莉^{1,2}, 钟仕全^{1,2*}, 孙明³, 莫建飞³

(1. 南宁师范大学北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室, 南宁 530001;

2. 南宁师范大学广西地表过程与智能模拟重点实验室, 南宁 530001;

3. 广西壮族自治区气象科学研究所/国家卫星气象中心遥感应用与验证基地, 南宁 530022)

摘要: 为客观评价天宫二号宽波段遥感影像质量情况, 以天宫二号对地观测数据与 Landsat8 影像作为测试数据源, 通过单波段灰度值、地物灰度值对比方法, 分析比较可见光谱段范围内的光谱性能与应用潜力, 最后采用最大似然法进行地物类型分类。结果表明: 天宫二号宽波段遥感影像具有谱段丰富, 分辨率低, 单波段横向阈值宽且平缓的特点, 适合于反演大范围且地物类型较为一致的地表信息。

关键词: 天宫二号; Landsat8; 可见光; 光谱特性; 应用潜力

中图分类号: P407

文献标识码: A

Comparative analysis of Tiangkong II earth observation data and Landsat8 satellite remote sensing data

Meng Liangli¹, Zhong Shiquan¹, Sun Ming², Mo Jianfei²

(1.Nanning Normal University/Key Laboratory of Beibu Gulf Environment Change and Resources Utilization of Ministry of Education, Nanning 530001; 2.Nanning Normal University/Guangxi Key Laboratory of Earth Surface Processes and Intelligent Simulation, Nanning 530001; 3. Guangxi Institute of Meteorological Sciences, China/Remote Sensing Application and Validation Base of National Satellite Meteorological Center, Nanning 530022)

Abstract: In order to objectively evaluate the quality of Tiangkong II wide-band remote sensing image, the Tiangkong II ground observation data and Landsat 8 image are used as test data sources. The spectral performance and application potential in the visible spectral band are analyzed and compared by the contrast method of single-band gray value and ground object gray value. Finally, the maximum likelihood method is used to classify the ground object types. The results show that the wide-band remote sensing image of Tiangkong II has the characteristics of abundant spectral bands, low resolution, wide and gentle lateral threshold of single-band, and is suitable for inversion of large-scale surface information with more consistent types of objects.

Keywords: Tiangkong II Earth observation data; visible light; Landsat8 satellite remote sensing image; spectral properties; application potential

引言

随着遥感卫星技术的飞速发展, 目前已不断涌现出许多新型的遥感数据并广泛地运用于不同

行业的领域^[1-4], 各阶层、各行业的数据用户可根据影像获取时间、影像可获取范围以及分辨率等不同的需求进行下载。测试分析影像数据质量可为数据用户提供相应的决策依据, 也关乎着遥

收稿日期: 2019-02-20

基金项目: 广西科技厅重点研发项目(桂科 AB17292051), 广西区气象局气象科研计划项目(桂气科 2017Z05), 南宁师范大学省部级重点实验室基金项目(GTEU-KLOP-K1702)

作者简介: 蒙良莉(1995-), 女, 广西隆安人, 硕士研究生, 研究方向为遥感与地理信息系统应用。E-mail:m448027783@qq.com

* 通讯作者: 钟仕全(1964-), 男, 广西桂平人, 正研级高级工程师, 主要从事遥感应用工作。E-mail:281723672@qq.com

感事业今后的发展。因此, 评价影像质量起着关键的作用。遥感图像从获取到成为可应用的专题图中间还包括原始影像获取、影像预处理和信息提取三个方面^[5]。遥感数据质量的评估贯穿着这三个方面, 只有把握影像质量的情况, 才能有效地利用遥感影像^[6, 7]。

天宫二号为非太阳同步轨道, 重返周期不固定, 最快 2-3d 可以观测一次, 覆盖南北纬 42° 以内的区域, 侧摆角不超过 $\pm 15^\circ$ 。天宫二号宽波段成像仪是中等地面分辨率、通道可编程和多个波段的对地光学成像系统, 适宜开展内陆湖泊、陆地大尺度土壤和植被分布等地表探测、水汽与气溶胶等大气探测, 以及海洋和海岸带水色、水温、海水污染探测等方面应用。宽波段成像仪包含可见近红外、短波红外和热红外谱段, 其中可见近红外谱段包括 14 个通道, 空间分辨率为 100m, 短波红外和热红外分别包含两个通道, 空间分辨率为 200m 和 100m^[8]。

本文主要从天宫二号的图像光谱性能(光谱范围、谱段、宽度以及数目的设置)及其应用潜力(分类精度)两个方面, 与 Landsat8 卫星遥感影像展开对比, 客观评价天宫二号宽波段遥感影像的质量。

1 测试区域与数据

广西博白县, 位于 $21^\circ 38' \sim 22^\circ 28' \text{N}$, $109^\circ 38' \sim 110^\circ 17' \text{E}$, 该区域地表覆盖类型单一。研究主要以天宫二号对地观测的可见近红外谱段进行数据分析, 共 14 个通道数据, 其分辨率为 100m, Landsat8 陆地成像仪 OLI 包含 9 个波段, 分辨率为 30m (两者成像时间都是 2017 年 1 月 22 日)。采用两种数据共有的可见光波谱范围作为测试对象, 也就是蓝、绿、红和近红外波段。

蓝波段对叶绿素和叶色素浓度敏感, 对水体穿透强, 用于区分土壤与植被、落叶林与针叶林、近海水域制图, 有助于判别水深及水中叶绿素分布以及水中是否有水华等; 绿波段对植物的绿反射敏感, 可用于区分林型、树种, 评估作物长势; 红波段为叶绿素的主要吸收波段, 反应不同植物叶绿素吸收, 常用于区分植物种类与植物覆盖率; 近红外波段是植物叶绿素的主要波段, 对水体反射敏感, 常用于测量生物量和作物长势, 区分植被类型, 绘制水体边界、探测水中生物的含量和土壤湿度^[9]。

2 测试方法

通过对数据单波段灰度值、地物灰度值对比、影像分类以及精度评价方法, 对影像数据进行全

面客观的测试与评价。

2.1 单波段灰度值对比法

图像灰度值反应各波段能量的高低, 图像灰度均值是整幅影像的算术平均值, 用于描述各波段的均值, 不同卫星传感器, 对同一地区相同波段进行比较, 可以评价各波段能量的均衡性, 从而评价卫星数据的数据质量。

2.2 地物灰度值对比法

地物灰度值主要由地物内部与表面反射亮度分组成, 不同的地物具有不同的反射光谱曲线。对于可见光影像波段而言, 反射光谱曲线反应地物在可见光波段中的反射率变化。因此可通过对比地物灰度值的方法, 可以较为客观反映出卫星数据的灵敏度与数据质量。

2.3 影像分类法

最大似然分类方法(Likelihood Classification)是最常用的遥感分类方法之一, 这种方法假设影像中每一种类别统计都是呈正态分布, 在分类的过程中计算每个像元所属某一类别的概率, 将带分类的像元归属于最大概率的类别中, 从而实现影像分类^[10], 最大似然法判别函数为:

$$G_i(X) = P(X/\omega_i) \cdot P(\omega_i) \quad (1)$$

式中 ω_i 代表第 i 类别, $G_i(X)$ 为 ω_i 类的判别函数, $G_i(X)$ 的大小表征特征向量 X 对 ω_i 类的归属概率 $P(\omega_i/X)$ 的大小; $P(\omega_i)$ 为该类别的先验概率(即该类别面积占总面积的比例); $P(X/\omega_i)$ 为类别 ω_i 的概率分布, 表示 ω_i 这一类别中特征向量 X 出现的概率。

2.4 精度评价

分类结果的精度结果常采用混淆矩阵、kappa 系数进行评价。混淆矩阵是通过将实测像元与每个像元的分类结果进行比较计算, 混淆矩阵每一列代表预测类别结果, 每一行代表像元真实类别属性; kappa 系数是在混淆矩阵基础上进行评价计算, 计算公式为:

$$k = \frac{P_0 - P_e}{(1 - P_e)} \quad (2)$$

$$P_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{N} \quad (3)$$

式中: k 表示 kappa 系数; P_0 是分类的总体精度(Overall accuracy), 表示每一个随机样本的分类结果与地面真实类型一致的概率; P_e 表示由于偶然机会造成的分类结果与地面真实类型

相一致的概率；n 为分类的类型数量；N 为样本总数；Pi 为第 i 类型被正确分类的样本数目。

3 结果分析

3.1 单波段灰度值对比

参照 Landsat8 可见光波段范围，从天宫二号宽波段遥感影像中找出对应的相似谱段，蓝波段 OLI2 对应 V12、V13，绿波段 OLI3 对应 V10、V11，红波段 OLI4 对应 V7、V8 和 V9，近红外波段 OLI5 对应 V4，匹配的波谱范围见表（表 1），各对应波段直方图对比见图（图略）。

表 1 可见光对应光谱 / 波谱范围（ μm ）

可见光	波段	Landsat8 光谱范围	谱段	天宫二号波谱范围
蓝	OLI2	0.45—0.52	V12	0.555—0.575
			V13	0.433—0.453
绿	OLI3	0.53—0.60	V10	0.555—0.575
			V11	0.510—0.530
红	OLI4	0.63—0.68	V7	0.6775—0.6875
			V8	0.655—0.675
近红外	OLI5	0.85—0.89	V9	0.610—0.630
			V4	0.845—0.885

由 Landsat8 与天宫二号各对应波段直方图（略）分析可知，Landsat8 波段少，光谱范围宽，波峰明显，天宫二号宽波段遥感影像谱段多，光谱范围较窄，波峰较为平缓，Landsat8 的直方图曲线可近似地由多个天宫二号波段曲线累加而成。在蓝、绿和红可见光范围内，各波段均为正的非对称分布，且具有相似的直方图形态，表明二者服从同一的统计分布。在近红外波段，两者数据灰度值较为平均，没有特别明显的波峰。

3.2 地物灰度值对比

通过分析典型地物的光谱特征，进一步对比 Landsat8 数据和天宫二号宽波段遥感影像的关联与差异。以 Landsat8 数据为基准配准天宫二号宽波段遥感影像（ $\text{RMS}<0.5$ ），两者经裁剪得出博白县遥感影像。在 Landsat8 数据选取耕地、城区、水体和林地 4 种典型地物样本区，再以相同的地物样本区叠加到天宫二号遥感影像中，统计 Landsat8 数据与天宫二号宽波段遥感影像对应波段在 4 类地物 DN 值的均值、最大值、最小值、

标准差，如表（表 2～5），根据（表 2～5）计算各对应波段的各地物的灰度值比值如表（表 6），绘制地物波谱曲线如图（图略）。由表得知 Landsat8 的 4 种地物的单波段灰度值明显高于天宫二号，其中绿光波段为 5.78～9.45 倍，平均 7.81 倍；蓝光波段为 5.99～8.16，平均 7.05 倍；红光波段为 7.03～12.82 倍，平均 9.70 倍；近红外波段为 9.02～17.03 倍，平均为 11.13 倍。在蓝、绿、红波段中，地物灰度值比值差异较为接近，但在近红外波段中，水体与其他地类差异明显，天宫二号为 Landsat8 的 17.03 倍。耕地、林地的光谱曲线在 LC8 与天宫二号表现出相似的变化趋势，前三个波段先下降后到第四个波段抬升；水体的光谱曲线在 LC8 与天宫二号的可见光范围都呈下降趋势；城区的光谱曲线在 LC8 与天宫二号在前三个波段均为下降趋势，在近红外范围呈现不同的变化趋势，前者抬升，后者下降。在同一个光谱范围内，天宫二号拥有多个灰度值，说明天宫二号宽波段遥感影像可以辨识更多相似光谱特性的地物。

表 2 Landsat8 数据与天宫二号宽波段遥感影像耕地波段值统计

Landsat8 原始影像						天宫二号宽波段遥感影像原始图像						
耕地	OLI2	OLI3	OLI4	OLI5	V12	V13	V10	V11	V7	V8	V9	V4
最小值	9028.00	8352.00	7629.00	10005.00	1271	935	1027	1116	659	690	804	1234
最大值	9477.00	9288.00	8687.00	15781.00	1617	1106	1445	1488	1049	1096	1222	1762
均值	9223.15	8716.94	8114.81	13571.07	1427.90	1012.95	1234.40	1294.99	832.41	872.04	1004.89	1503.92
标准差	89.45	150.97	182.27	935.08	54.45	28.28	67.60	59.86	63.07	64.62	64.19	117.99

表 3 Landsat8 数据与天宫二号宽波段遥感影像城区波段值统计

Landsat8 原始影像					天宫二号宽波段遥感影像原始图像							
城区	OLI2	OLI3	OLI4	OLI5	V12	V13	V10	V11	V7	V8	V9	V4
最小值	9221.00	8316.00	7801.00	8399.00	1338	972	1133	1201	715	750	885	866
最大值	13954.00	14620.00	16245.00	19642.00	2557	1538	2524	2451	2445	2507	2489	1963
均值	10027.15	9324.13	9250.68	11087.77	1735.77	1161.62	1465.79	1555.46	1195.94	1241.50	1315.85	1213.48
标准差	870.17	1231.07	1749.63	2059.03	240.38	107.76	313.75	259.87	408.36	412.64	378.41	264.78

表 4 Landsat8 数据与天宫二号宽波段遥感影像水体波段值统计

Landsat8 原始影像					天宫二号宽波段遥感影像原始图像							
水体	OLI2	OLI3	OLI4	OLI5	V12	V13	V10	V11	V7	V8	V9	V4
最小值	8653.00	7508.00	6649.00	6176.00	1188	906	800	977	405	442	557	222
最大值	10364.00	10590.00	10135.00	9415.00	1827	1159	1860	1779	1302	1401	1581	1424
均值	9093.17	8357.63	7517.67	6607.45	1358.36	973.89	1097.83	1188.91	621.20	674.72	826.52	387.93
标准差	423.36	837.62	975.11	291.45	151.30	58.77	272.68	197.65	237.48	253.03	267.34	166.40

表 5 Landsat8 数据与天宫二号宽波段遥感影像林地波段值统计

Landsat8 原始影像					天宫二号宽波段遥感影像原始图像							
林地	OLI2	OLI3	OLI4	OLI5	V12	V13	V10	V11	V7	V8	V9	V4
最小值	8319.00	7672.00	6742.00	10226.00	1092	841	839	933	412	452	585	1210
最大值	9334.00	8656.00	8553.00	19955.00	1399	1000	1181	1248	824	816	977	2279
均值	8790.58	8062.23	7213.53	14775.43	1245.29	930.14	988.53	1080.42	562.68	597.43	735.98	1581.98
标准差	136.10	194.09	233.40	1793.16	52.34	28.14	54.06	51.74	65.79	65.85	60.61	487.24

表 6 各对应波段的不同的地物 DN 值比值

	OLI2/V12	OLI2/V13	OLI3/V10	OLI3/V11	OLI4/V7	OLI4/V8	OLI4/V9	OLI5/V4
耕地	6.46	9.11	7.06	6.73	9.75	9.31	9.75	9.31
城区	5.78	8.63	6.36	5.99	7.74	7.45	7.03	9.14
水体	6.69	9.34	7.61	7.03	12.10	11.14	9.10	17.03
林地	7.06	9.45	8.16	7.46	12.82	12.07	9.80	9.34

3.3 影像分类

影像分类问题是遥感信息提取研究领域的基本问题^[10,11],由上述可知天宫二号宽波段遥感影像数据中 4 类地物的标准差很小,说明同类地物间纹理、色调特征较一致,利于进一步的分类处理。

以人工目视解译为主,解译出 4 种地物类型:

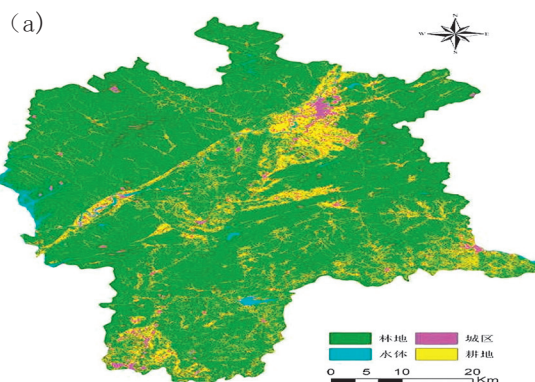


图 1 Landsat8 影像分类图

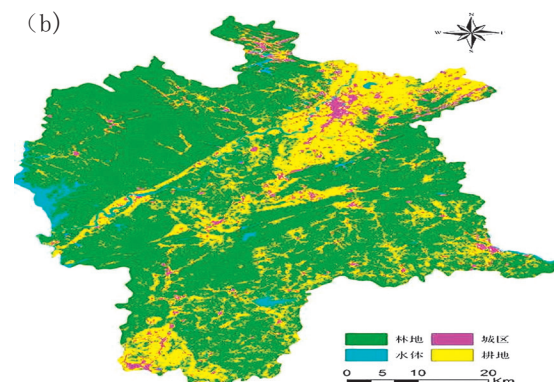


图 2 天宫二号宽波段影像分类图

林地、城区、水体及耕地,保证两幅数据的感兴趣区一定程度统一,即绘制的 ROI 区域大致相同,评价样本可分离性,满足分类要求后选择最大似然法执行分类,分类结果见图 1、2,统计各类地物面积如表 7,由表可知两者城区与水体的分类面积较为接近,耕地与林地差别较大。

表 7 分类结果面积差别表 (km²)

地物名称	天宫二号	Landsat8	面积差值
林地	2501.34	2908.65	-407.31
水体	103.97	50.67	53.30
城区	357.79	386.08	-28.29
耕地	859.74	477.44	382.30
总计	3822.84	3822.84	0

分类结果采用混淆矩阵的方式进行评价,评价指标包括总体精度、Kappa 系数、用户精度和制图精度,精度验证结果如表 8,表 9 所示。由图表可知,天宫二号的总体精度与 Kappa 系数均高于 Landsat8 卫星,天宫二号在水体区域和耕地区域的分类精度高于 Landsat8 卫星,但对于林地

区域与城区方面两者的分类精度差异不大。因为天宫二号宽波段影像空间分辨率较低,地物类别内部光谱可分性强,更注重反映地物宏观信息,所以连片且块状地物易于区分;Landsat8 卫星空间分辨率较高,地物类别内部光谱可分性弱,易提取细小河流、村庄和小规模城镇等破碎信息。

表 8 Landsat8 分类精度误差矩阵

	耕地	城区	林地	水体	总计	制图精度	用户精度
林地	17	5	3	1	26	34.00%	65.38%
水体	7	61	1	2	71	89.71%	85.92%
城区	26	2	63	4	92	94.03%	68.48%
耕地	0	0	0	40	40	90.91%	100.00%
总计	50	68	67	44	229		
Overall Accuracy = (181/229) 79.0393%							
Kappa Coefficient = 0.7137							

表 9 天宫二号分类精度误差矩阵

	耕地	城区	林地	水体	总计	制图精度	用户精度
林地	30	9	7	0	46	60.00%	65.22%
水体	4	59	4	0	67	86.76%	88.06%
城区	16	0	56	0	72	83.58%	77.78%
耕地	0	0	0	44	44	100.00%	100.00%
总计	50	68	67	44	229		
Overall Accuracy = (189/229) 82.5328%							
Kappa Coefficient = 0.7641							

4 结论

利用天宫二号对地观测数据与 Landsat8 遥感影像,以博白县为研究区,通过单波段灰度值、地物灰度值方法对比两者的图像光谱性能,并运用最大似然法提取影像地物类别信息,主要取得以下认识:

(1) 在各个波段横向阈值方面,天宫二号波段较 Landsat8 波段宽,且各波段灰度值的峰值不如 Landsat8 峰值明显。

(2) 辨识地物能力方面,具有相似光谱特性的天宫二号对地观测数据更适于中等(偏高)地面分辨率、大尺度地物目标检测。

(3) 对于云雨天气较为复杂的南方地区,天宫二号可用数据量远高于 Landsat8 卫星影像,其

表征的宏观信息能力在当今各社会行业发挥着不可替代的作用。

参考文献:

- [1] 陈兴鹏,黄淑娥,樊建勇,等.基于FY-3A/VIRR卫星资料的江西省大雾遥感监测[J].气象研究与应用,2018,39(1):91-95+153.
- [2] 钟仕全,莫建飞,罗永明,等.基于GF-1遥感数据监测的岩溶洼地洪涝灾害特征分析[J].气象研究与应用,2016,37(1):83-87+132.
- [3] 叶骏菲,文秀,林奕桐,等.基于遥感的南宁城市热岛效应时空演变分析[J].气象研究与应用,2018,39(1):55-58.
- [4] 孙明,钟仕全,莫建飞,等.基于高分卫星遥感数据的广西中小流域地表植被特征分析[J].气象研究与应用,2017,38(1):79-81+86+173.

(下转第 50 页)

3 甘蔗农业气象自动观测应用实践

基于甘蔗农业气象自动观测样机设计方法和样机的选址和仪器架设实施方法,在广西柳州市建设了甘蔗农业气象自动观测站。利用甘蔗农业气象自动观测站观测的2015年甘蔗生长图像,并与人工平行观测的生育期进行观测测试,测试结果

果见(表3),对应出苗期,自动观测比人工观测时间提前了2d;对应分蘖期,自动观测比人工观测时间晚了3d;对应茎伸长期,自动观测比人工观测时间提前了6d;对应工艺成熟期,自动观测比人工观测时间提前了5d,甘蔗农业气象自动观测结果达到了开展甘蔗气象业务服务要求。

表3 甘蔗生育期自动观测测试结果表

生育期	人工观测时间	自动观测时间	观测误差(d)
出苗期	2015-03-19	2015-03-17	+2
分蘖期	2015-04-02	2015-01-05	-3
茎伸长期	2015-06-05	2015-05-31	+6
成熟期	2015-11-20	2015-11-15	+5

4 结论

根据甘蔗农业气象自动观测要求设计了观测样机的硬件结构和软件功能,构建了甘蔗农业气象自动观测样机并投入实践应用,实现了甘蔗生长特征、田间小气候、土壤水分和环境信息为一体化的自动观测,可以实时动态获取高精度、高密度、多要素、连续稳定的观测信息。基于样机的选址和仪器架设实施方法进行了应用,建设了柳州甘蔗农业气象自动观测站,有效改进和提升了甘蔗农业气象自动观测水平和质量,为推进甘蔗农业气象自动观测体系建设提供了技术支撑。

参考文献:

- [1] 王春乙,张雪芬,孙忠富,等.进入21世纪的中国农业气象研究[J].气象学报,2007,(5):815-824.
- [2] 宋连春,李伟.综合气象观测系统的发展[J].气象,2008,34(3):3-9.
- [3] 王馥棠.中国气象科学研究院农业气象研究50年进展[J].应用气象学报,2006,17(6):778-784.
- [4] 马树庆,王春乙.我国农业气象业务的现状、问题及发

- 展趋势[J].气象科技,2009,37(1):29-34.
- [5] 刘志平,孙涵,胡萌琦,等.农业气象自动观测原理样机的研制[J].安徽农业科学,2010,38(17):9287-9289.
- [6] 张雪芬,薛红喜,孙涵,等.自动农业气象观测系统功能设计[J].应用气象学报,2012,23(1):105-112.
- [7] 张雪芬,王秀芳,李翠娜,等.农作物主要生长参数自动观测技术综述[J].气象科技,2013,41(6):1112-1127.
- [8] 胡萌琦,黎家宜,唐新,等.基于虚拟仪器技术的农业气象自动观测系统研究[J].气象研究与应用,2010,32(2):57-59.
- [9] 中国气象局.农业气象观测规范[M].北京:气象局出版社,1993.
- [10] 北京气象局.地面气象观测规范.北京:气象出版社,2008.
- [11] 刘旭林,赵文芳,刘国宏,等.基于WebGIS的气象信息显示和查询新系统[J].应用气象学报,2008,19(1):116-122.
- [12] 张枝军.图像处理技术.北京:北京大学出版社,2006.
- [13] 王秀芳.主要农作物生长特征参数自动观测技术研究[D].成都:成都信息工学,2011.
- [14] 刘继承,姬长英.作物长势检测的应用研究现状与展望[J].江西农业学,2007,19(3):17-20.

(上接第46页)

- [5] 宋梦龙,张海龙,张鹏,等.高分一号卫星遥感数据测试分析[J].内蒙古科技与经济,2016,(2):84-86.
- [6] 宋军伟,张友静,李鑫川,等.基于GF-1与Landsat-8影像的土地覆盖分类比较[J].地理科学进展,2016,35(2):255-263.
- [7] 孙斌,李增元,郭中,等.高分一号与Landsat TM数据估算稀疏植被信息对比[J].遥感信息,2015,30(5):48-56.
- [8] 孙明,钟仕全,谢敏,等.天宫二号对地观测数据在生态评价中的应用研究[J].气象研究与应用,2018,39(4):38-41+107.

- [9] 王丽霞,卢雁,石磊.“环境一号”卫星在轨测试与应用能力分析[J].环境保护与循环经济,2009,29(4):48-51.
- [10] 邓书斌.遥感图像处理方法[M].北京:科学出版社,2010.
- [11] 王敏,高新华,陈思宇,等.基于Landsat8遥感影像的土地利用分类研究——以四川省红原县安曲示范区为例[J].草业科学,2015,32(5):694-701.
- [12] 余健.基于ZY-3影像的土地利用变化检测研究[D].东华理工大学,2018.