

高分一号卫星海岸带影像质量评价

王建步, 张 杰, 马 毅, 崔廷伟

(国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

摘要: 高分一号(GF-1)是我国自主研发的宽幅带高空间分辨率遥感卫星, 为分析其在海岸带地区的应用潜力, 本文采用主观和客观相结合的评价方法, 并与 SOPT-5 卫星影像进行比对, 开展 GF-1 影像的成像质量评价。主观评价结果表明: GF-1 影像表现能力与 SPOT-5 影像相当, 在某些地物特征表现上与 SPOT-5 比较一致。客观评价表明: GF-1 影像的 4 种统计参数与 SPOT-5 影像比较接近且各有高低, GF-1 影像各波段的灰度分布更分散, 地物间的可分性更高; GF-1 影像各波段的信噪比和波段间的独立性与 SPOT-5 比较, 基本相同, 整体看来, GF-1 具有较高的成像质量, 在海岸带地区具有一定的应用潜力。

关键词: 高分一号(GF-1); SPOT-5; 遥感; 海岸带; 成像质量

中图分类号: T P751.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2015)02-0067-05

doi: 10.11759/hyqx20141011005

GF-1 号卫星是中国高分辨率对地观测系统的第一颗卫星, 于 2013 年 4 月 26 日发射, 开启了中国对地观测的新时代。GF-1 号卫星影像同时具有高空间分辨率、多光谱与高时间分辨率的特点, 且重访周期短, 覆盖范围广, 可以解决以往空间分辨率不足和卫星数据获取周期长的问题。该卫星的发射, 能降低遥感应用领域日常业务中的数据成本, 可为国土资源调查、监管和利用提供强大的数据支持。在开展 GF-1 号海岸带监测和遥感应用研究前, 需要先对影像的成像质量进行评价。本文为分析 GF-1 号卫星在海岸带地区的应用潜力, 以东营市黄河及其附近区域为研究区, 采用主观和客观相结合的评价方法, 结合 SOPT-5 卫星影像, 开展 GF-1 影像的成像质量评价。

已有研究人员开展了卫星遥感影像的成像质量评价工作。王昱等^[1]从几何质量、构像质量和内容完整性 3 方面开展了数字影像质量评价方法研究。刘江等^[2]基于 MODIS 卫星接收站实际工作的需求, 对其接收的影像数据进行评价, 建立了一种量化的遥感影像质量评价模型, 并以此对 MODIS 影像进行评定, 对图像质量进行分析。刘耀林等^[3]开展了 TM/ETM+影像大气校正产品质量评价方法研究, 并提出采用已有高质量 TM/ETM+表面反射率产品作为参考影像, 评价 TM/ETM+的大气校正产品质量的方法。周雨霁等^[4]采用辐射精度、信息量、清晰度、信噪比等指标, 以影像的客观评价方法对扬州地区一景 Hyperion 影像的 L1R 数据进行质量评价。汤君

友等^[5]对“航天清华一号”微小卫星图像的噪声、地面分辨率、灰度分布与波段相关性、波段间配准误差、图像的几何精度及其初步应用等进行了分析与评价。魏宏伟等^[6]从主观和客观两个方面对 HJ1B-CCD 图像与 TM1-4 波段图像进行了对比评价。洪志刚等^[7]对比 CBERS-02B 和 SPOT-5 数据, 进行影像质量评价。黄彦等^[8]从影像整体质量、局部纹理特征、影像融合和地物类型识别效果等几个方面开展了 ZY-1 02C 卫星 P/MS 数据质量评价及应用潜力分析。文雄飞等^[9]采用客观分析的方法, 对 ZY-1 02C 数据的影像质量进行了定量评价, 并将其与 ETM+数据进行对比, 分析其在水利行业中的应用潜力。徐文等^[10]对资源三号卫星三线阵相机辐射质量进行质量评价, 认为 ZY-3 正视影像质量优异, 对于地物细节信息的表现能力较强。

1 影像数据

以黄河三角洲 2013 年 9 月 7 日的一景 GF-1 和 2005 年 9 月 7 日的一景 SPOT-5 卫星影像为数据源。

GF-1 卫星重访周期为 4 d, 影像幅宽为 60 km, 搭载 2 m 空间分辨率的全色和 8 m 空间分辨率的多

收稿日期: 2014-10-11; 修回日期: 2014-11-19

基金项目: 国家海洋局第一海洋研究所基本科研业务费项目(2013G08); 中欧国际合作龙计划三期项目(ID10470)

作者简介: 王建步(1981-), 男, 山东滨州人, 硕士, 研究实习员, 研究方向: 海岛海岸带遥感与应用, 电话: 0532-88967870, E-mail: wangjianbu@fio.org.cn

光谱相机。多光谱波段为有蓝、绿、红和近红外 4 个波段。

SPOT-5 卫星载有两台高分辨率几何成像装置 (HRG)、一台高分辨率立体成像装置(HRS)和一台宽视域植被探测仪(VGT)。其全色影像空间分辨率为

2.5 m, 多光谱影像空间分辨率为 10 m, 幅宽为 60 km, 多光谱波段为绿、红、近红外、短波红外 4 个波段。该卫星遥感影像的利用技术已比较成熟, 其影像质量已得到领域内研究人员的广泛认可。

GF-1 与 SPOT-5 图像参数如表 1 所示。

表 1 GF-1 与 SPOT-5 图像参数比较

Tab.1 Comparison between GF-1 and SPOT-5 image Parameters

影像名称	光谱范围(μm)					空间分辨率(m)	
	Pan	B1	B2	B3	B4	全色	多光谱
GF-1	0.45~0.90	0.45~0.52	0.52~0.59	0.63~0.69	0.77~0.89	2	8
SOPT-5	0.49~0.69	0.49~0.61	0.61~0.68	0.78~0.89	1.58~1.75	2	10

由表 1 所示, 两颗卫星所获取的影像空间分辨率相当, 波段范围在绿、红和近红外基本重合, 且其成像时间属于同一季节, 地物特征相似, 成像条件基本相同, 因此, 利用 SPOT-5 卫星影像对 GF-1 卫星影像进行比较评价, 可以有效、客观的反映后者的成像质量和数据特点。

本研究所选取的两景影像成像范围均为黄河三角洲附近区域, 该区域具有典型的海岸带特点, 地物包括城镇建筑、耕地、林地、工业用地、水库、滩涂等典型地物, 具有较好的代表性。两影像成像清晰, 信息丰富, 无云雾遮挡, 均已经过几何精校正。如图 1 所示, 黄框范围为两景影像的公共区域。

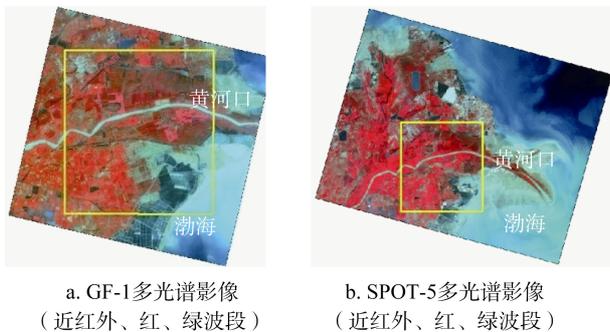


图 1 GF-1 影像与 SPOT-5 影像对比图
Fig.1 Comparison between GF-1 and SPOT-5 images

2 实验区域

选取东营市黄河及其附近区域, 计算统计指标, 作为客观评价的依据。该区域包含耕地、养殖池塘、盐田、建筑用地和工业用地等多种地物, 地物类型丰富, 且两景影像中的地物分布相似, 具有代表性。图 2 为两种卫星在实验区域的全色影像、多光谱影像。

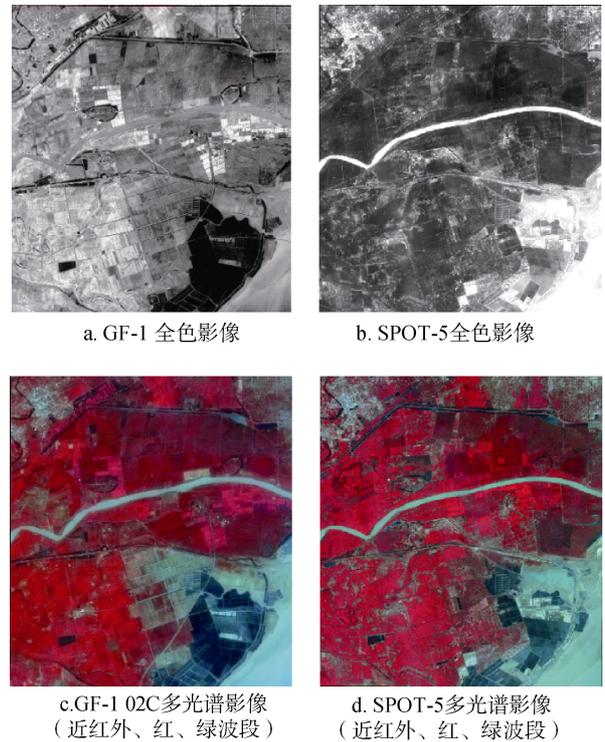


图 2 实验区域 GF-1 影像与 SPOT-5 影像
Fig.2 Experimental regions of GF-1 and SPOT-5 images

3 影像质量评价

本文综合运用主观评价与客观评价两种方式, 将目视判别(主观)和统计指标定量分析(客观)相结合, 对两种影像进行比较评价。其中, 主观评价是由专业人员根据经验知识评价影像质量; 客观评价是通过应用数理统计量, 对影像质量进行定量分析。

3.1 主观评价

3.1.1 全色影像

对比 GF-1 全色影像(空间分辨率 2 m)与 SPOT-5

全色影像(空间分辨率 2.5 m)可以发现,从整体看,SPOT-5 全色影像的总体亮度更高,面积较大地物的边界较清晰,而 GF-1 全色影像中水体与陆地的反差更大,影像层次更分明;从细节看,GF-1 全色影像的空间分辨率更高,影像中地物的纹理、边界更加清晰,影像所反映的细节信息更加丰富。

3.1.2 多光谱影像

从 GF-1 多光谱影像(空间分辨率 8 m)与 SPOT-5

多光谱影像(空间分辨率 10 m)对比来看,整体上,SPOT-5 多光谱影像颜色更柔和,过渡更自然,而 GF-1 多光谱影像亮度更高,颜色更鲜艳;细节上,GF-1 多光谱影像中部分地物(如植被)的颜色梯度更大,纹理更明显,而 SPOT-5 多光谱影像中地物边界更加清晰,地物的轮廓更容易识别,影像所反映的信息更加丰富。

GF-1 与 SPOT-5 全色和多光谱影像地物对比如表 2 所示。

表 2 GF-1 影像与 SPOT-5 影像地物对比表

Tab.2 Comparison of features of GF-1 and SPOT-5 images

地物类型	GF-1 影像全色截图	SPOT-5 影像全色截图	GF-1 影像多光谱截图	SPOT-5 影像多光谱截图
盐田				
养殖池塘				
水库				
滩涂				
建筑用地				
耕地				
工业用地				

从上图可以看出,GF-1 影像在表现海岸带各种典型地物方面,其表现能力堪比 SPOT-5 影像,且在某些地物特征表现与 SPOT-5 比较一致,例如,由于其较高的空间分辨率,同等比例尺下,地物表现更

清晰。多光谱图像方面,前者在图像亮度上表现更好,影像颜色更加鲜艳,地物之间的对比更强烈;而后者在影像地物纹理、颜色过渡等地物细节信息上表现更好,具有更高的成像质量。

3.2 客观评价

本文所采用的具体客观评价指标详见表 3。
计算图 2 中各影像的以上 4 种统计参数, 可得到

GF-1 与 SPOT-5 卫星遥感影像的比较评价指标, 如表 4、表 5 所示:

由表 4 和表 5 中的统计指标可见:

表 3 客观评价指标参数

Tab.3 Objective evaluation parameters

指标参数	计算公式	含义
标准差	$\sigma(X) = \sqrt{E\{[(X - E(X))]^2\}}$, $E(X)$ 表示 X 的期望	反映影像灰度相对于灰度平均值的离散程度, 可用来评价影像空间信息量的大小。影像的标准差越大, 则灰度级分布越分散, 影像的反差越大, 地物间的可分性越高
信息熵	$H = -\sum_{i=1}^{\max} p_i \log_2 p_i$, p_i 为灰度共生矩阵	衡量影像信息丰富程度的一个重要指标。通过比较影像的信息熵, 可以比较影像的细节表现能力。影像的信息熵值越大, 表明其携带的信息量越大
信噪比	$SNR = \frac{m}{\delta}$, m 为均值, 方误差为 δ	表达影像受干扰的程度, 是信号中的有用成分与噪声的比值。信噪比越大, 地物信息反映得越好, 图像质量好
相关系数	$r = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma(X)\sigma(Y)}$, $Cov(X,Y)$ 表示 X 、 Y 的协方差, $\sigma(X)$ 、 $\sigma(Y)$ 分别表示 X 、 Y 的标准差	反映影像波段之间的相关程度。相关系数绝对值越小, 说明波段间的独立性越高

表 4 GF-1 与 SPOT-5 影像信息评价对比

Tab.4 Comparison of evaluation of GF-1 and SPOT-5 image information

影像名称	指标参数	全色	近红外	红	绿
GF-1	标准差	49.87	94.57	51.81	43.98
	信息熵	7.44	8.48	7.04	6.82
	信噪比	1.02	1.24	1.05	1.30
SPOT-5	标准差	21.43	24.49	19.13	12.12
	信息熵	5.85	6.51	6.73	5.07
	信噪比	1.00	1.12	1.16	1.42

表 5 GF-1 与 SPOT-5 影像相关系数对比表

Tab.5 Comparison of correlation coefficients between GF-1 and SPOT-5 images

影像名称	相关系数		
	近红外	红	绿
GF-1	1.00	-0.32	-0.27
	-0.32	1.00	0.94
	-0.27	0.94	1.00
SPOT-5	1.00	-0.32	-0.21
	-0.32	1.00	0.96
	-0.21	0.96	1.00

(1) 在全色和多光谱影像中, GF-1 影像的标准差和信息熵都大于 SPOT-5 影像, 这表明 GF-1 影像全色及多光谱各波段灰度级分布更分散, 地物间的可分性高于 SPOT-5, 承载的信息量也都大于 SPOT-5 对应的各波段; 全色和多光谱影像中, 两种

影像的信噪比非常接近, 表明在影像中地物信息受噪音干扰的程度相当。

(2) 在多光谱影像的各波段中, 表现为 GF-1 影像与 SPOT-5 影像红和近红外波段间相关系数相同, 绿和近红外与红和绿波段间的相关系数非常接近, 这表明 GF-1 与 SPOT-5 多光谱影像中各波段间的独立性相当。

4 结论

本文以海岸带遥感研究领域应用广泛的 SPOT-5 影像为基准, 综合运用主观和客观分析方法, 对 GF-1 影像的全色数据、多光谱数据成像质量和数据特点进行比较评价。结论如下:

(1) 主观评价显示, GF-1 影像在海岸带地物表现能力、空间分辨率和地物细节信息方面基本接近于 SPOT-5 影像;

(2) 客观评价显示, GF-1 影像各波段的灰度分布更分散, 地物间的可分性更高, 承载的信息量更大; GF-1 影像和 SPOT-5 影像各波段信噪比非常接近; 多光谱影像方面, GF-1 与 SPOT-5 多光谱影像各对应波段间的独立性相当。

由于本文用于比较的 GF-1 影像与 SPOT-5 影像同月不同年, 时相上并不完全同步, 采用的 GF-1 全色影像来自于 P/MS 传感器, 其空间分辨率为 2m, 高于 SPOT-5 全色影像的 2.5m 空间分辨率, 且只用了一景影像进行比较, 因此可能对成像质量评价产生一定影响。

参考文献:

- [1] 王昱, 胡莘, 张保明. 数字影像质量评价方法研究[J]. 测绘通报, 2002, 5: 7-9.
- [2] 刘江, 张为成, 王强. MODIS 影像质量评价方法研究[J]. 黑龙江工程学院学报, 2009, 23(1): 32-35.
- [3] 刘耀林, 赵翔, 马潇雅, 等. TM/ETM+影像大气校正产品质量评价方法研究[J]. 测绘学报, 2012, 41(4): 549-555.
- [4] 周雨霁, 田庆久. EO-1 Hyperion 高光谱数据的质量评价[J]. 地球信息科学, 2008, 10(5): 678-683.
- [5] 汤君友, 赵锐. “航天清华一号”微小卫星数据质量评价[J]. 遥感技术与应用, 2001, 16(4): 264-269.
- [6] 魏宏伟, 田庆久. HJ1B-CCD 影像的质量评估及分析[J]. 遥感信息, 2012, 27(5): 31-36.
- [7] 洪志刚, 丛楠, 唐新明, 等. 中巴 02B 影像质量评价与几何校正初探[J]. 测绘与空间地理信息, 2010, 33(4): 31-34.
- [8] 黄彦, 田庆久, 魏宏伟, 等. ZY-1 02C 卫星 P/MS 数据质量评价及应用潜力分析[J]. 遥感信息, 2013, 28(6): 33-43.
- [9] 文雄飞, 陈蓓青, 申邵洪, 等. 资源一号 02C 卫星 P/MS 传感器数据质量评价及其在水利行业中的应用潜力分析[J]. 长江科学院院报, 2012, 39(10): 118-121.
- [10] 徐文, 葛曙乐, 龙小祥, 等. “资源三号”卫星三线阵相机辐射质量评价[J]. 航天返回与遥感, 2012, 33(3): 65-74.

Quality evaluation of GF-1 Satellite image of coastal zone

WANG Jian-bu, ZHANG Jie, MA Yi, CUI Ting-wei

(First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China)

Received: Oct., 11, 2014

Key words: GF-1; SPOT-5; remote sensing; coastal zone; image quality

Abstract: GF-1 is a wide band of self-developed high spatial resolution remote sensing satellite. To analyze its potential applications in coastal areas and evaluate the its image quality, we used subjective and objective evaluation method and took a compared the SPOT-5 satellite images. Subjective evaluation showed that: GF-1 image and SPOT-5 image had equivalent performance capabilities, and on some land features, GF-1 and SPOT-5 images showed significant . Objective evaluation showed that: Four kinds of statistical parameters of GF-1 and SPOT-5 images were close and had high or low aspects respectively. Each band gray distribution of GF-1 image was more dispersed, and had a higher separability feature. The SNR of each band and the independence between each band in the GF-1 images were basically the same compared with the SPOT-5 images. Overall GF-1 has a high image quality and has some potential applications in coastal areas.

(本文编辑: 康亦兼)