

引用格式:Wu Xing,Zhang Xia,Sun Xuejian,*et al.*Radiation Quality Evaluation of Spark Hyperspectral Satellite Image[J].Remote Sensing Technology and Application,2018,33(2):233-240.[吴兴,张霞,孙雪剑,等.SPARK 卫星高光谱数据辐射质量评价[J].遥感技术与应用,2018,33(2):233-240.]  
doi:10.11873/j.issn.1004-0323.2018.2.0233

## SPARK 卫星高光谱数据辐射质量评价

吴 兴<sup>1,2</sup>,张 霞<sup>1</sup>,孙雪剑<sup>1</sup>,张立福<sup>1</sup>,戚文超<sup>1,2</sup>

(1.中国科学院遥感与数字地球研究所,北京 100101;

2.中国科学院大学,北京 100049)

**摘要:**遥感数据质量评价是传感器研制和遥感数据应用的桥梁。针对2016年12月我国发射的自主研制的SPARK微纳卫星获取的高光谱数据,分别采用辐射精度、信噪比、信息熵和清晰度4个客观指标对SPARK 1A级数据的辐射质量进行评价。综合各个指标计算结果,方差和信息熵表明SPARK数据主要信息集中在81~152波段(542~985 nm),该谱段数据平均信息熵6.28,信噪比47.63 dB,清晰度179.5,均高于其他波段,即该谱段数据质量优于其他波段,有利于不同地物的光谱识别和空间特征提取;1~80波段(411~539 nm)数据平均信噪比和信息熵分别为38.23 dB和5.28,且图像在该谱段灰度值低,灰度变化范围较小,使用前可进行图像增强处理;153~160波段(1 000~1 105 nm)是未定标数据,平均信噪比低于15 dB,清晰度最低,地物光谱和空间信息均受到严重损害,建议舍弃。

**关键词:**SPARK微纳卫星;高光谱遥感;图像质量评价;辐射质量;信噪比

**中图分类号:**TP 75 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2018)02-0233-08

### 1 引言

近年来,我国在高光谱遥感卫星的研制中取得了显著成绩。2007年10月,我国成功发射嫦娥一号探月卫星,搭载了我国首台干涉成像光谱仪(Interference Imaging Spectrometer, IIM),用于探测月表物质成分<sup>[1]</sup>;2008年9月发射的环境与减灾小卫星(HJ-1A)搭载的超光谱成像仪(Hyper Spectral Imager, HSI)填补了国产航天高光谱数据的空白<sup>[2]</sup>;2011年9月发射的天宫一号飞行器搭载的高光谱成像仪,空间分辨率达到10 m<sup>[3]</sup>;2013年9月发射的风云3号气象卫星携带的中分辨率成像光谱仪(Medium-Resolution Spectral Imager, MERSI)有20个通道,用于探测海洋水色、气溶胶、水汽总量等<sup>[4]</sup>。虽然目前已有多个高光谱卫星投入生产应用,但相比于多光谱遥感,航天高光谱在轨卫星少,

且分辨率低、幅宽较窄。从高光谱遥感技术诞生以来,数据获取一直是高光谱遥感发展的瓶颈<sup>[5]</sup>。

SPARK卫星的成功发射提高了我国航天高光谱遥感数据的获取能力,在一定程度上缓解了上述问题。2016年12月22日,由中国科学院微小卫星创新研究院自主研制的两颗宽幅高光谱微纳卫星(SPARK-01, SPARK-02星)发射升空,整星重量仅为43 kg。它采用色散型成像光谱技术,光谱范围覆盖可见光至近红外(411~1 105 nm),有160个波段,平均光谱分辨率5 nm;空间分辨率50 m,幅宽100 km,采用双星协同观测,幅宽可达200 km。表1是SPARK卫星高光谱传感器的主要指标。

遥感数据质量评价是传感器研制和遥感数据应用的桥梁,也是图像处理过程不可缺少的一个关键步骤<sup>[6]</sup>,一般分为主观评价和客观评价。前者主要通过人眼主观感受对图像的优劣做出评定,后者以

收稿日期:2017-10-18;修订日期:2018-02-20

基金项目:国家自然科学基金项目(41671360),重大自然灾害监测预警与防范重点专项(2017YFC1502802)。

作者简介:吴 兴(1993-),男,陕西西安人,硕士,主要从事高光谱图像处理与矿物定量反演研究。Email:wuxing15@mails.ucas.ac.cn。

通讯作者:张 霞(1972-),女,山东乳山人,博士,研究员,主要从事高光谱遥感机理与信息提取研究。Email:zhangxia@radi.ac.cn。

图像物理特征为基础,针对特定指标进行定量评价,故客观评价指标在遥感图像质量评价中被广泛应用。国内多位学者先后针对不同高光谱图像质量展开评估:周雨霁等<sup>[7]</sup>使用辐射精度、信息量、清晰度、信噪比 4 个指标对 Hyperion L1R 数据进行质量评价。张晓红等<sup>[8]</sup>采用信噪比、信息量、地面分解力、清晰度、辐射精度 5 个指标分析 HJ-1A 图像质量,张霞等<sup>[9]</sup>从信噪比和信息熵两个方面对干涉成像光谱仪(IIM)数据质量进行评估。邢晓达等<sup>[6]</sup>选取辐射精度、信息熵、信噪比、清晰度 4 个指标对地面高光谱成像仪数据质量进行评价。覃邦勇<sup>[10]</sup>系统分析了影响高光谱遥感图像辐射质量的因素,提出采用辐射不均一度、信噪比、清晰度、信息熵等指标可以全面评价高光谱图像的辐射质量。

表 1 SPARK 卫星高光谱传感器主要指标

Table 1 Key specifications of SPARK Hyperspectral sensor

指标	参数
幅宽	100 km
地面分辨率	50 m
光谱范围	411~1 105 nm
光谱分辨率	1~80 波段(411~539 nm):1.62 nm 81~152 波段(542~985 nm):6.19 nm 153~160 波段(1 000~1 105):15 nm
成像方式	面阵推扫式
轨道参数	轨道倾角:98.2° 轨道高度:700 km
重访周期	16 d
静态调制传递函数(MTF)	≥0.2
在轨辐射定标	绝对精度 7%,相对精度 3%

遥感成像主要是获取地物的辐射信息,考虑到两颗卫星传感器参数设置完全一致,本文针对 SPARK-02 星高光谱 1A 级数据,采用辐射精度、

信噪比、信息熵和清晰度 4 个客观指标对图像各波段的辐射质量进行评估,为该数据在国土资源调查、环境监测等领域的深入应用提供参考,也为今后微小卫星高光谱传感器的研制与波段选择提供重要的指导。

## 2 实验数据

本文所用 SPARK 高光谱数据为 1A 级数据产品,经过数据解析、相对辐射校正等处理。由于遥感图像质量受数据成像时间、地表覆盖类型等因素的影响,为保证评价结果的可靠性,实验分别选取 3 幅不同成像时间和地表复杂度、无云的 20 km × 20 km 的 SPARK 数据进行质量评价。如图 1 所示,其中图 1(a)是 2016 年 12 月 23 日卫星传回的首轨数据,拍摄于西藏自治区兹各塘错附近的山地地区;图 1(b)是 2017 年 2 月 6 日获取的山东省荣成市桑沟湾地区的数据,主要为海岸带地貌,北部为城镇地区;图 1(c)是 2017 年 4 月 24 日获取的辽宁省盘锦市大洼区的数据,图像中主要为农田和养殖场,东部为城镇。所有图像假彩色显示方案为:R(141 波段,856.6 nm),G(111 波段,648.6 nm),B(84 波段,550.3 nm)。

## 3 辐射质量评价方法

针对 SPARK 高光谱 1A 级产品,分别选取反映数据辐射精度、噪声水平(信噪比)、信息丰富程度(信息熵)和影像清晰度的 4 个客观指标对各波段图像的质量进行评估。需要说明的是,上述指标中信噪比具有一定的可比性,而辐射精度(如均值、方差等)、清晰度随不同的地区和季节会有一定的差异,故本文分析这 4 个指标在图 1 中(a)、(b)、(c)3 个数据上的总体趋势。

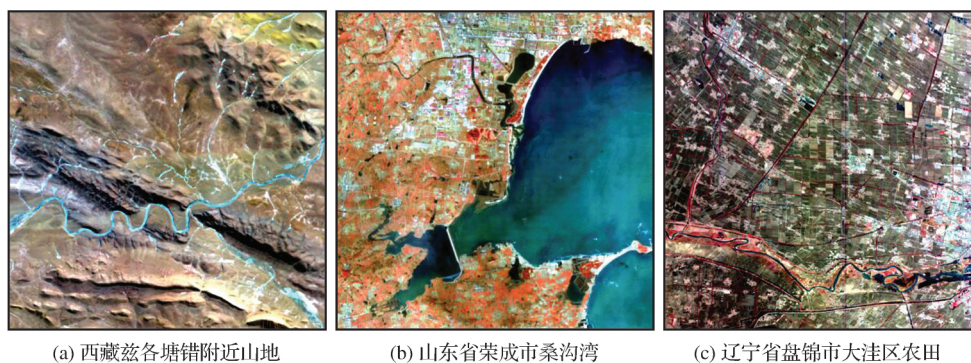


图 1 SPARK 高光谱数据假彩色显示

Fig.1 False-color display of SPARK Hyperspectral data

### 3.1 辐射精度

辐射精度是反映图像辐射状态的指标,包括均值、方差和辐射不均一度。均值反映图像的整体辐射状况,方差反映图像信息量大小,辐射不均一度反映图像中由于探测器元件响应不一致引起的条带和条纹现象的严重程度。平均行标准差法适合对遥感图像的辐射不均一度进行评价<sup>[11]</sup>,它是图像列方向均值矢量的标准差  $std_{column}$  与均值  $m_{column}$  的比值。各指标具体物理意义及计算公式见表 2,表中  $x_i$  为第  $i$  个像元的灰度值,  $N$  为图像每一波段的像元个数。

表 2 辐射精度评价指标

Table 2 Evaluation indices of radiation accuracy

指标	公式	意义
均值(M)	$M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$	反映图像的整体辐射状况
方差(Var)	$Var = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - M)^2$	反映图像信息量大小
辐射不均一度	$std_{column} / m_{column}$	反映辐射不均质程度

### 3.2 信噪比

信噪比(Signal to Noise Ratio, SNR)是衡量传感器性能及获取图像质量的重要指标之一,反映图像中平均信号与噪声水平的相对大小,定义为图像中信号均值  $\mu_{sig}$  与噪声标准差  $\delta_{noise}$  之比,即:

$$SNR = \frac{\mu_{sig}}{\delta_{noise}} \quad (1)$$

以分贝(dB)为单位时式(1)可转化为:

$$SNR_{dB} = 20 \log_{10}(SNR) \quad (2)$$

其中:信号均值  $\mu_{sig}$  通常取图像的均值,关键在于噪声标准差的估算,不同信噪比评价算法的差异就在于噪声估计方法不同<sup>[12]</sup>。去相关法基于高光谱图像在光谱维的高相关性的特点,利用多元线性回归方法去除图像中高相关性的信号,并对回归残差进行统计得到图像噪声估计。基于边缘检测改进的去相关算法<sup>[13-14]</sup>受地物覆盖类型的影响较小,故本文基于该算法进行 SPARK 数据的信噪比评价,其中边缘检测使用 Canny 算子。Canny 算子首先对图像进行高斯滤波,然后计算梯度幅值来跟踪确定图像边缘。它具有边缘点定位准确、单一边缘点响应等特点,是一种理想的边缘检测算法<sup>[15]</sup>。

### 3.3 信息熵

信息熵是对图像中平均信息量大小的度量,也

是反映遥感图像质量的常用指标之一。采用广泛应用的 Shannon 熵表示 SPARK 数据各波段的信息量大小:

$$ENT = - \sum_{i=Min}^{Max} p_i \log_2 p_i \quad (3)$$

其中:ENT 为图像的信息熵,  $i$  为每个像元的灰度值,  $p_i$  是灰度为  $i$  的像元出现的概率, Max 为图像中像元灰度最大值, Min 为图像中像元灰度最小值。

### 3.4 清晰度

清晰度指图像细节边缘变化的敏锐程度,是衡量图像目视效果的重要指标<sup>[16]</sup>。在图像细节的边缘处,光学密度或亮度随位置的变化越敏锐(变化快)、越剧烈(反差大),则细节的边缘就越清晰,可辨程度越高。本文使用点锐度算法来评价 SPARK 数据的清晰度,点锐度算法根据图像像元 8 邻域灰度变化梯度来判断图像清晰度,该方法与调制传递函数(Modulation Transfer Function, MTF)具有很好的相关性<sup>[17]</sup>。计算公式为:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{\infty} |df/dx|}{N} \quad (4)$$

其中:  $df$  为灰度变化值,  $dx$  为像元间距离增量,  $N$  为图像每一波段的像元总数。

## 4 实验结果与分析

### 4.1 单指标分析

分别计算 SPARK 高光谱数据每个波段的均值、方差、辐射不均一度,如图 2 所示。需要指出的是,各指标的数值本身并无绝对的意义,只是用于同一数据不同波段相互比较。分析各指标在 3 个数据的表现,发现均值与方差曲线趋势基本一致,1~80 波段(411~539 nm)均值较低,方差较小,反映图像在该波段灰度值低,灰度变化范围较小,这与前 80 个波段的光谱分辨率很高(1.62 nm)导致探测器每个通道接收的能量较低有关;81~152 波段(542~985 nm)方差显著高于其他波段,表明 SPARK 数据在 542~985 nm 范围内信息量丰富;153~160 波段(1 000~1 105 nm)均值接近为 0(其中 155~158 波段小于 0),导致辐射不均一度值很大,在图 2(c)中出现尖峰,而前 152 个波段辐射不均一度小于 0.1,两者不是同一数量级,故目视效果接近一条水平线。将图 2(c)前 152 个波段结果在(c)中放大显示,SPARK 数据整体辐射不均一度小于 0.1,随着波长增加,辐射不均一度在 100 波段以后有小幅升高。以图 1(c)农田数据为例,图 3 显示了 3 个不同波段

存在的条带现象,其中第 50 波段在第 229 列条带明显,100 波段在第 192、229、257 和 321 列有 4 处条带,154 波段有 6 处明显条带。即由于探元响应不一致引起的条带现象随着波长增加在 100 波段以后较为明显,可在使用前进行去条带处理。

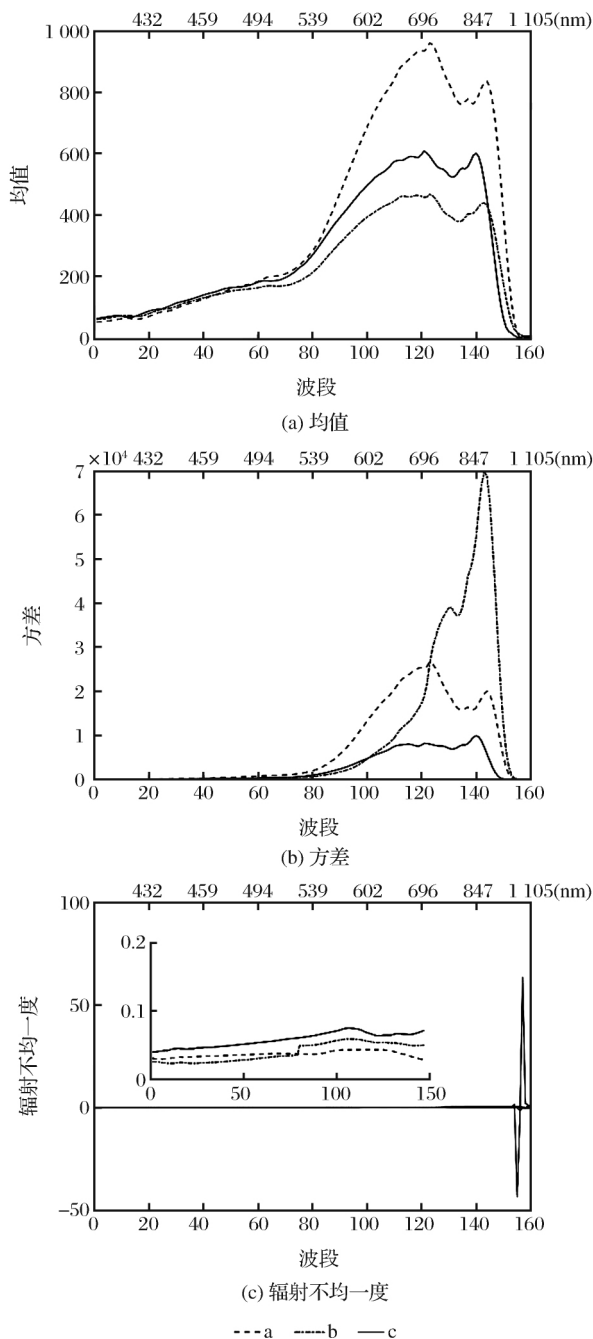


图 2 SPARK 图像辐射精度

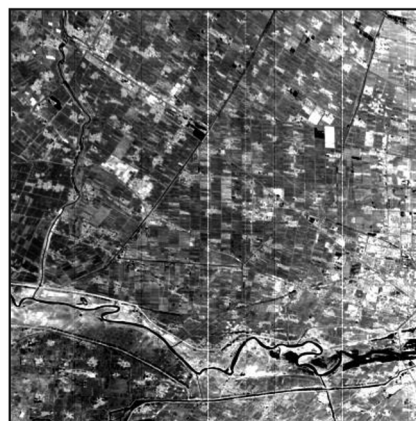
Fig.2 Radiation accuracy of SPARK image

信噪比计算结果如图 4 所示,尽管地表复杂度不同但信噪比计算结果相近,且曲线趋势基本保持一致,说明本文选取的信噪比评估算法具有很好的稳定性。SPARK 数据信噪比整体在 30 dB 以上,

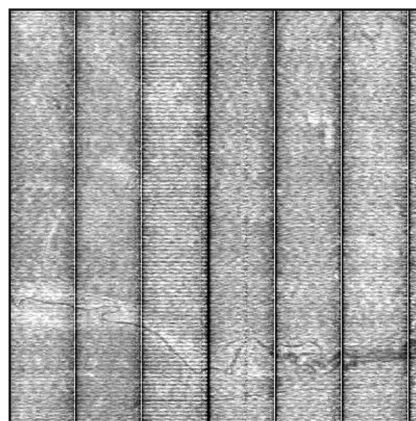
在 81~152 波段(542~985 nm)信噪比大于 40 dB。在 153~160 波段信噪比陡降,表明该谱段图像噪声严重。由于 155~158 波段均值小于 0,转换为 dB 时负数取对数计算结果不存在,故图 4 未显示 155~158 波段信噪比。以图 1(a)山地数据为例,图 5 显



(a) 50 波段



(b) 100 波段



(c) 154 波段

图 3 SPARK 高光谱数据第 50、100 和 154 波段条带对比

Fig.3 Contrast of SPARK image stripes among band50, band100, and band 154

示了 3 个不同波段受噪声影响的情况,相比于信噪比较高的第 50、100 波段,160 波段图像噪声分布密

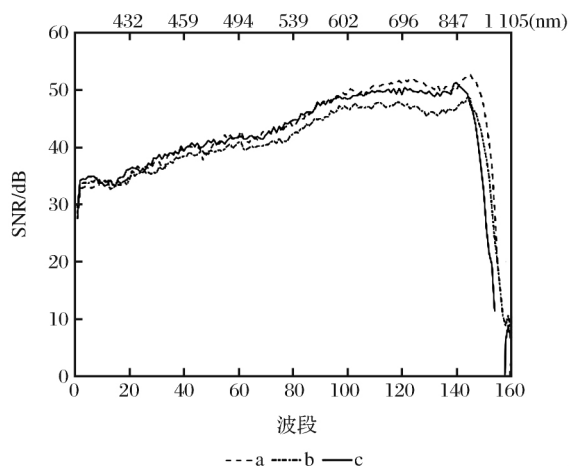


图4 SPARK 图像信噪比

Fig.4 SNR of SPARK image

集,掩盖了地表的真实信息,实际应用中建议使用信噪比高的前 152 个波段,舍弃 153~160 波段。

由信息熵计算结果可知,SPARK 高光谱数据所有波段熵在 3 以上(图 6),其中 81~152 波段熵值明显高于其他波段,表明这些波段的信息量高于其他波段,该谱段有利于不同地物的有效区分。153~160 波段的图像灰度值方差很小,即信息量很小,故熵值也最低。

图 7 为各波段清晰度。SPARK 数据在 81~152 波段清晰度显著优于其他波段,即该谱段图像边缘较其他谱段清晰,空间上不同地物可辨程度高。前 80 个波段清晰度较低,可能与图像在该谱段灰度值低、灰度变化范围较小,引起的对比度较低有关。

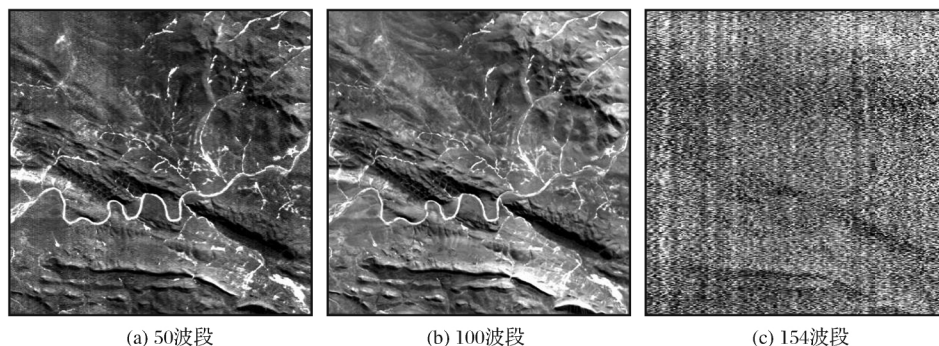


图5 SPARK 高光谱数据第 50、100 和 160 波段噪声对比

Fig.5 Contrast of SPARK image noise among band50,band100,and band 160

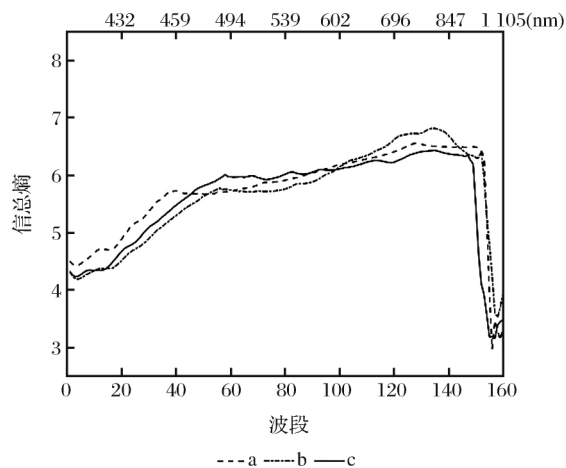


图6 SPARK 图像信息熵

Fig.6 Shannon entropy of SPARK image

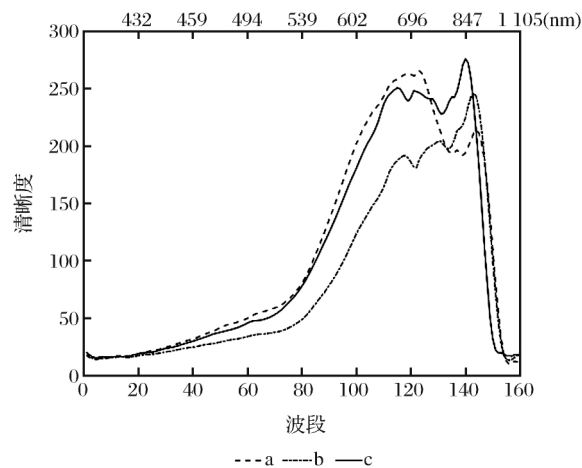


图7 SPARK 图像清晰度

Fig.7 Image definition of SPARK

153~160 波段清晰度低于其他波段,清晰度最差,这也与图 5 中 SPARK 数据第 160 波段地物被噪声掩盖不能辨认的现象相吻合。

#### 4.2 综合分析

为了反映 SPARK 数据在辐射精度、信噪比、信

息熵和清晰度 4 个指标的总趋势,本文计算各指标在 a、b、c 3 个数据的均值,然后综合各波段在以上 4 个指标的表现,将波段分成 1~80、81~152、153~160 3 组,并分别统计各组指标的最小值、平均值和最大值,如表 3 所示。为了更清晰地表达组

间区别,将各指标均值按组以最大值为分母进行归一化<sup>[6-7]</sup>,如图 8 所示。由表 3 和图 8 可以看出,除第三组数据之外,SPARK 数据信噪比整体在 30 dB 以上,信息熵大于 4,第二组的均值、方差、信噪比、

清晰度等均优于其他两组,第一组次之,第三组最差;但第二组辐射不均一度高于第一组,即由于探元响应不一致引起的条带现象较第一组多,可在使用前进行去条带处理。第一组数据均值、方差、信息熵

表 3 SPARK 高光谱数据各指标评价结果  
Table 3 Evaluation indices results of SPARK image

波段号		均值	方差	辐射不均一度	信噪比	信息熵	清晰度
1~80	最小值	56.13	26.61	0.031 4	28.41	4.28	14.74
	均值	131.01	287.08	0.037	38.23	5.28	32.23
	最大值	252.43	1174.10	0.044 2	43.56	5.89	68.94
81~152	最小值	100.93	1 291.20	0.044 4	32.24	5.64	41.24
	均值	516.80	1 3797.00	0.094 5	47.63	6.28	179.50
	最大值	672.28	3 2146.00	0.259 6	50.05	6.58	235.25
153~160	最小值	-0.04	10.74	-14.268 0	3.78	3.40	9.44
	均值	13.63	99.23	0.988 1	14.97	3.92	12.22
	最大值	59.14	491.40	21.174 0	28.56	5.40	28.56

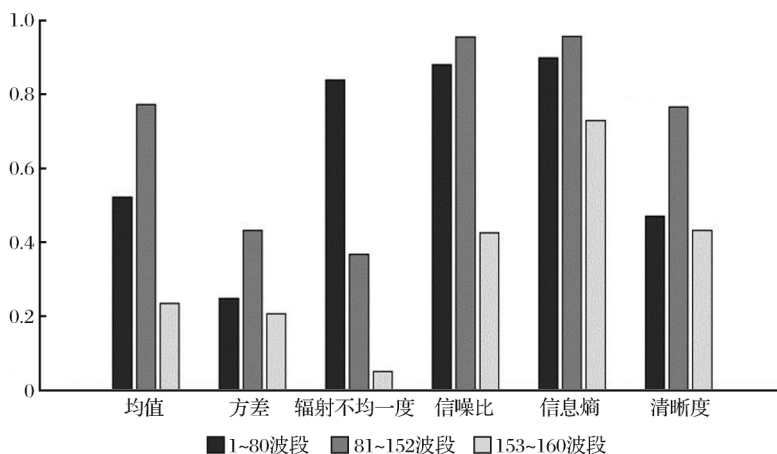


图 8 SPARK 图像各指标均值归一化柱状图

Fig.8 Normalized histogram of the SPARK image mean value of evaluation indices

较低,表明该谱段内图像较暗且灰度值变化范围小,影响了图像清晰度,实际应用中可进行图像增强处理。第三组是未定标数据,信息熵和清晰度远远低于其他谱段,地物光谱和空间信息均受到严重损害,建议舍弃。

## 5 结 语

本文选取辐射精度、信噪比、信息熵和清晰度 4 个客观指标分别对三种不同地物场景的 SPARK 1A 级数据各波段的辐射质量进行评价,单指标及综合分析表明:

(1)方差和信息熵指示 SPARK 数据主要信息集中在第 81~152 波段(542~985 nm),该谱段数

据信噪比和清晰度均高于其他波段,有利于不同地物的光谱识别和地物空间信息提取。

(2)辐射不均一度在第 100 波段之后的图像条带较前 100 波段有所增加,可在使用前进行去条带处理。

(3)1~80 波段(411~539 nm)数据均值和方差较小表明图像较暗且灰度值变化范围较小,这与前 80 个波段的光谱分辨率很高(1.62 nm)导致探测器每个通道接收的能量较低有关,这也造成该谱段信噪比有所降低,实际应用中可进行光谱降采样或图像增强等处理。

(4)153~160 波段(1 000~1 105 nm)为未定标数据,这些波段受噪声污染基本不包含地面信息,信



息熵和清晰度远低于其他谱段,地物光谱和空间信息均受到严重损害,建议舍弃。

总体而言,SPARK 数据前 152 个波段数据辐射质量良好,兼之在光谱分辨率和幅宽上均优于现有高光谱卫星,采用双星协同观测,是对国内现有 HJ-1A 高光谱数据很好的补充,在国土资源调查、环境监测等领域具有广泛的应用前景。

由于本研究所用 SPARK 1A 级数据产品尚未经过几何和大气校正,故仅评价了 1A 级产品的辐射质量。为更好地发挥 SPARK 数据的应用价值,对几何质量、光谱质量评价将是下一步的研究重点。

致谢:本文所用 SPARK 数据由中国科学院微小卫星创新研究院提供,在此表示感谢!

#### 参考文献(References):

- [1] Liu F J, Qiao L, Liu Z, *et al.* Estimation of Lunar Titanium Content: Based on Absorption Features of Chang'E-1 Interference Imaging Spectrometer(IIM)[J]. *Science China*, 2010, 53(12): 2136-2144.
- [2] Gao H L, Gu X F, Yu T, *et al.* Destriping of Hyperspectral Image based on Multi-band Image Matching[J]. *Infrared*, 2011, 32(2): 28-33.
- [3] Li Zhenwang, Liu Liangyun, Zhang Hao, *et al.* Radiometric Calibration and Validation of TG-1 Hyperspectral Imager[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2013, 28(5): 850-857. [李振旺, 刘良云, 张浩, 等. 天宫一号高光谱成像仪在轨辐射定标与验证[J]. *遥感技术与应用*, 2013, 28(5): 850-857.]
- [4] Zhou Ying. The Research on Monitoring the Motion and Change of the Arctic Sea Ice based on FY-3 Meteorological Satellite Data[D]. Beijing: The University of Chinese Academy of Sciences, 2013. [周颖. 基于风云三号气象卫星数据监测北冰洋海冰运动变化的研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2013.]
- [5] Tong Qingxi, Zhang Bing, Zhang Lifu. Current Progress of Hyperspectral Remote Sensing in China[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2016, 20(5): 689-707. [童庆禧, 张兵, 张立福. 中国高光谱遥感的前沿进展[J]. *遥感学报*, 2016, 20(5): 689-707.]
- [6] Xing Xiaoda, Lv Shuqiang, Yin Qinli. Imager Quality Evaluation of the THEMIS-T-FPS2500 Hyperspectral Imaging Camera[J]. *Urban Geotechnical Investigation & Surveying*, 2016, (2): 74-78. [邢晓达, 吕书强, 尹琴丽. 地面高光谱成像仪数据质量研究——以 THEMIS-T-FPS2500 为例[J]. *城市勘测*, 2016, (2): 74-78.]
- [7] Zhou Yuqi, Tian Qingjiu. Image Quality Evaluation of EO-1 Hyperion Sensor[J]. *Geo-information Science*, 2008, 10(5): 678-683. [周雨霁, 田庆久. EO-1 Hyperion 高光谱数据的质量评价[J]. *地球信息科学学报*, 2008, 10(5): 678-683.]
- [8] Zhang Xiaohong, Zhang Lifu, Wang Jinnian, *et al.* Comprehensive Evaluation of Hyperspectral Image Quality of HJ-1A Satellite[C]// *Imaging Spectroscopy Technology and Application Seminar and Interdisciplinary Forum*, 2010: 14-19. [张晓红, 张立福, 王晋年, 等. HJ-1A 卫星高光谱遥感图像质量综合评价[C]// *成像光谱技术与应用研讨会暨交叉学科论坛*, 2010: 14-19.]
- [9] Zhang Xia, Shuai Tong, Zhao Dong. Assessment of the Information Quality of Hyperspectral Data from Interference Imaging Spectrometer[J]. *Journal of Infrared Millim. Waves*, 2012, 31(2): 143-147. [张霞, 帅通, 赵冬. 干涉成像光谱仪高光谱数据信息质量评估[J]. *红外与毫米波学报*, 2012, 31(2): 143-147.]
- [10] Qin Bangyong. A Study on Quality Evaluation System and Methods of Hyperspectral Remote Sensing Data [D]. Beijing: The University of Chinese Academy of Sciences, 2014. [覃帮勇. 高光谱遥感数据质量评价体系及方法研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2014.]
- [11] Hu Yongfu, Zhang Yufeng. Analysis of Relative Radiometric Calibration Accuracy of Space Camera[J]. *Spacecraft Recovery & Remote Sensing*, 2007, 28(4): 54-57. [胡永富, 张宇烽. 空间相机相对辐射定标精度分析[J]. *航天返回与遥感*, 2007, 28(4): 54-57.]
- [12] Gao L R, Du Q, Zhang B, *et al.* A Comparative Study on Linear Regression-based Noise Estimation for Hyperspectral Imagery[J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations & Remote Sensing*, 2013, 6: 488-498.
- [13] Gao Lianru, Zhang Bing, Zhang Xia, *et al.* Study on the Method for Estimating the Noise in Remote Sensing Images based on Local Standard Deviations[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2007, 11(2): 201-208. [高连如, 张兵, 张霞, 等. 基于局部标准差的遥感图像噪声评估方法研究[J]. *遥感学报*, 2007, 11(2): 201-208.]
- [14] Fu Peng, Sun Quansen, Ji Zexuan, *et al.* A Method of SNR Estimation and Comparison for Remote Sensing Images[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2013, 42(4): 559-567. [傅鹏, 孙权森, 纪则轩, 等. 一种遥感图像信噪比评估和度量准则[J]. *测绘学报*, 2013, 42(4): 559-567.]
- [15] Canny J. A Computational Approach to Edge Detection[J]. *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1986, 8(6): 679-698.
- [16] Xue Wanxun, Bian Chunjiang, Chen Hongzhen, *et al.* Image Clarity Evaluation based on Point Sharpness and Square Gradient[J]. *Electronic Design Engineering*, 2017, 25(8): 163-167. [薛万勋, 卞春江, 陈红珍, 等. 基于点锐度和平方梯度的图像清晰度评价方法[J]. *电子设计工程*, 2017, 25(8): 163-167.]
- [17] Wang Hongnan, Zhong Wen, Wang Jing, *et al.* Research of

Measurement for Digital Image Definition[J]. Journal of Image and Graphics, 2004, 9(7): 828-831. [王鸿南, 钟文, 汪静,

等. 图像清晰度评价方法研究[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(7): 828-831.]

## Radiation Quality Evaluation of Spark Hyperspectral Satellite Image

Wu Xing<sup>1,2</sup>, Zhang Xia<sup>1</sup>, Sun Xuejian<sup>1</sup>, Zhang Lifu<sup>1</sup>, Qi Wenchao<sup>1,2</sup>

(1. *Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*

2. *University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China*)

**Abstract:** The quality evaluation of remote sensing data is a bridge for development of sensor and data application. In this paper, we focused on the hyperspectral data acquired by China's self-developed SPARK satellite launched in December 2016, and evaluated the radiation quality of SPARK 1A data using four objective indicators, namely radiation accuracy, signal-to-noise ratio (SNR), information entropy and sharpness. According to the results of each indicator, variance and information entropy show that the main information of SPARK data is concentrated in 81~152 band (542~985 nm), and the average entropy, signal-to-noise ratio and definition of this bands are higher than those of other bands, which are 6.28, 47.63 dB and 179.5 respectively. The data quality of this spectral data is better than that of other bands, which is beneficial to the spectral identification and spatial feature extraction of different objects. The average SNR of 1~80 band (411~539 nm) was 38.23 dB, and the entropy was 5.28. Image enhancement can be used before processing for the low gray level and smaller gray range of the image in this bands. Because the 153~160 band (1 000~1 105 nm) was uncalibrated, its average SNR is less than 15 dB, and it has the lowest clarity, the spectrum and spatial information are seriously damaged, it is recommended to remove this bands.

**Key words:** Spark micro-nano satellite; Hyperspectral remote sensing; Image quality evaluation; Radiation quality; Signal-to-noise ratio