



文献 DOI:

10.11922/csdata.2018.0074.zh

数据 DOI:

10.11922/sciencedb.679

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2018-11-04

开放同评: 2019-01-07

录用日期: 2019-03-08

发表日期: 2019-05-21

海南岛高分一号卫星遥感深加工数据集

江威^{1,2,3,4}, 何国金^{1,3,4*}, 程博^{1,3,4}, 龙腾飞^{1,3,4}, 冷宛春^{1,2}, 尹然宇^{1,2}

1. 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100094

2. 中国科学院大学, 北京 100049

3. 海南省地球观测重点实验室, 海南三亚 572029

4. 三亚中科遥感研究所, 海南三亚 572029

摘要: 海南岛是我国第二大岛屿, 也是海上丝绸之路的重要战略支点。高质量的卫星遥感深加工产品集对于海南省资源环境动态调查和社会经济协调发展具有重要意义。本数据集选用了2015–2016年共67景云量较低的高分一号卫星遥感数据, 覆盖海南全岛, 通过卫星遥感深加工服务系统, 对高分一号进行深加工处理, 主要包括数据选择, 正射校正, 影像融合和影像镶嵌等流程, 最后研制出海南岛高分一号深加工产品。本产品云量少, 定位精度高, 色彩均衡, 能够作为海南岛基础底图, 并已公开共享和提供下载, 可应用于海南岛基础设施建设规划、生态环境保护 and 可持续发展等领域。

关键词: 高分一号; 海南岛; 深加工产品; 几何校正; 遥感服务

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)名称	海南岛高分一号卫星遥感深加工数据集
数据作者	江威、何国金、程博、龙腾飞、冷宛春、尹然宇
数据通信作者	何国金 (hegj@radi.ac.cn)
数据时间范围	2015–2016年
地理区域	海南全岛 (地理范围包括北纬18°7′–20°7′, 东经108°30′–111°10′)
空间分辨率	2 m
数据量	105.2 GB
数据格式	*.tif (GeoTIFF, 8bit float)
数据服务系统网址	ftp://124.16.184.141/GF1_hainan/ ftp://10.7.2.2/GF1_hainan/ http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/679
基金项目	海南省重大科技计划项目 (ZDKJ2016021); 国家重点研发计划全球变化及应对专项课题项目 (2016YFA0600302); 中国科学院A类战略性先导科技专项课题 (XDA190090300); 国家发展和改革委员会促进大数据发展重大工程 (2016-999999-65-01-000696-01)。

* 论文通信作者

何国金: hegj@radi.ac.cn

数据库（集）组成

本数据集主要由以下五个部分组成：第一部分是海南岛高分一号卫星遥感镶嵌产品，格式为GeoTIFF，第二部分是海南岛高分一号卫星遥感镶嵌产品缩略图，第三部分是海南岛高分一号卫星遥感镶嵌分幅产品，第四部分是海南岛高分一号卫星遥感镶嵌分幅产品索引图，第五部分是海南岛高分一号深加工原始影像列表。此外，提供了一份样例数据，包含正射校正、影像融合和影像镶嵌数据。

引言

海南岛是 21 世纪海上丝绸之路战略的重要支点，也是我国面积最大的经济特区，具有特殊的区位优势 and 战略地位^[1]。新时期海南自由贸易试验区的建设过程中，及时掌握资源环境动态信息对于海南岛资源环境和社会经济可持续发展具有重要意义。

卫星遥感技术对于开展大尺度资源环境调查具有独特优势，这类调查必须依靠高质量的卫星遥感基础数据^[2]。何国金等人首次提出了即得即用（Ready To Use, RTU）卫星遥感产品理念^[3-4]，该理念是将卫星遥感数据加工成用户能够直接使用的级别，免去用户在使用过程中繁琐的预处理过程，目前已经发布了基于 Landsat 系列数据研制的中国区域 RTU 系列产品，包括正射校正产品、地表反射率产品、地表温度产品、镶嵌产品和标准分幅产品。随着国产卫星的发射，江威等人进一步利用国产高分卫星研制了全国 16 m 分辨率的卫星遥感 RTU 产品，进一步丰富了原有 RTU 数据类型^[5]。尽管这些产品包含了海南岛范围，但数据的空间分辨率较粗，需要研制覆盖海南岛更高分辨率的卫星遥感深加工产品，以期满足海南岛资源环境精细调查的需求。

本数据集选用 2015–2016 年的国产高分一号 2 m 分辨率卫星遥感数据，是较早针对海南岛研制的高分卫星遥感深加工产品。本数据集特点是云量少、定位精度高和色彩均衡，能够直接下载使用。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据源

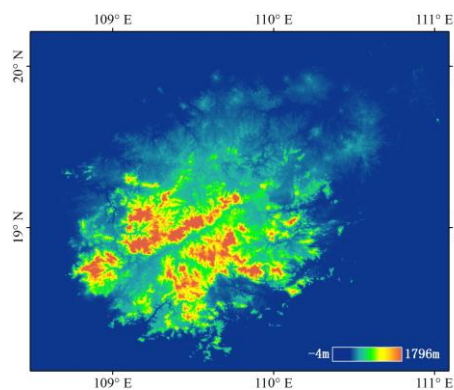
高分一号卫星于 2013 年 4 月发射，目前在轨 5 年多，2018 年 3 年又成功发射了高分一号系统星的 02、03、04 星，目前已经组网形成星座。高分一号搭载了 2 台 2 m 分辨率全色 8 m 分辨率多光谱相机，4 台 16 m 分辨率多光谱相机，其中 2 m 分辨率卫星参数如表 1^[5]。

本数据采用的高分一号 2 m 分辨率卫星数据来源于海南省高分数据与应用中心，下载的数据产品为 1A 级，尚未进行正射校正，数据文件中包含了缩略图、有理函数系数（Rational Polynomial Coefficients, RPC）文件、原始数据以及影像元数据等文件，全色影像和多光谱影像分为 2 个 TIFF 格式存储^[6]。选择 2015–2016 年高质量的高分一号 2 m 分辨率卫星数据，影像的云量在 10% 以下，优选夏季影像，下载后检查影像，确保没有缺失、条带和异常像元等情况。根据以上要求，共选取覆盖海岛 67 景高分一号 2 m 分辨率卫星影像。

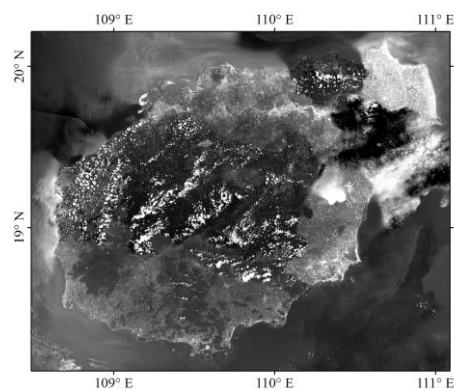
除了影像数据外，还收集了海南岛 30 m 数字高程模型（DEM）数据和 Landsat 8 全色 15 m 分辨率参考影像，如图 1 所示，DEM 高程数据来源于地理空间数据云^[7]，Landsat 8 影像来源于中国遥感卫星地面站^[8]。

表 1 GF-1 卫星 2 m 分辨率传感器主要载荷技术指标

谱段号	谱段范围 (μm)	空间分辨率 (m)	幅宽 (km)	重访时间 (天)
1	0.45–0.90	2	60	4
2	0.45–0.52	8		
3	0.52–0.59	8		
4	0.63–0.69	8		
5	0.77–0.89	8		



(a) DEM 数据



(b) Landsat 8 全色数据

图 1 辅助数据

1.2 数据处理

针对多源卫星遥感数据, 需要对卫星遥感数据开展数据预处理, 主要包含影像配准、平差、几何校正、影像融合和影像镶嵌, 流程如图 2。以下主要对影像配准、控制点采集、平差、正射校正、影像融合和匀色镶嵌等关键步骤进行说明。

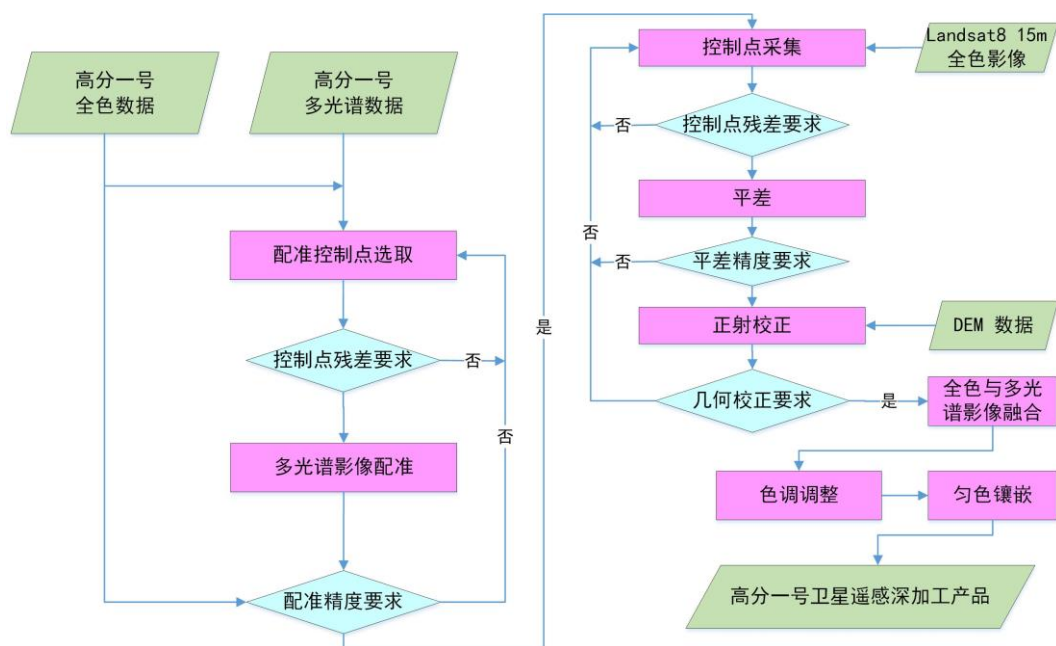


图 2 高分一号影像数据处理流程

1.2.1 影像配准

在影像成像过程中，多种误差会造成全色和多光谱位置存在错位现象，需要首先对影像进行配准，以高分辨率全色影像为参考，将多光谱数据进行配准，配准后影像偏差要求不超过 1 个像元。

1.2.2 控制点采集

利用高分一号影像自带的 RPC 系数校正影像，影像定位精度较低，需要借助参考影像采集高精度控制点，优化影像自带的 RPC 系数，从而实现高精度正射校正^[9]。传统的地面控制点都是人工选择，主要是道路交叉点等不易变动的位置，本次控制点选取采用频域相位相关匹配法，该方法匹配精度高，而且速度较快，能够识别特征不明显的控制点^[5]。地面控制点（GCP）采集搜索范围为 100 像素×100 像素，每景影像控制点数阈值设置为 100，通过网格控制，使控制点在空间上分布均匀，在特定缺少 GCP 区域，进行手动增加。

1.2.3 平差

高分一号影像之间重叠较大，需要对影像采集连接点进行平差，以保证影像具有较高的接边精度^[5]。通过对影像进行连接点采集，进一步优化每景影像的 RPC 系数，连接点采集的算法也为频率域相位相关，连接点搜索半径设置为 50 像素×50 像素。

1.2.4 正射校正

卫星在采集过程受诸多成像因素影像，影像会发生一定的几何畸变，正射校正的目的是消除这种畸变，使得采集的影像能够准确代表地面实际位置。有理函数模型是目前高分影像校正通用的方法，模型将像元坐标表示以相应地面点空间坐标为自变量的有理多项式的比值^[9]，通过引入大量的参数，能够实现较高的定位精度，该模型表达式如下^[10]：

$$\begin{cases} T_n = \frac{N_t(X_n, Y_n, Z_n)}{D_t(X_n, Y_n, Z_n)} \\ S_n = \frac{N_s(X_n, Y_n, Z_n)}{D_s(X_n, Y_n, Z_n)} \end{cases} \quad (1)$$

式中 (T_n, S_n) 和 (X_n, Y_n, Z_n) 分别为像素坐标 (T, S) 和地面坐标 (X, Y, Z) 经平移和缩放后的正则化坐标，进一步地，该方程形式可以展开为：

$$\begin{aligned} N_t(X_n, Y_n, Z_n) = & a_0 + a_1Z + a_2Y + a_3X + a_4ZY + a_5ZX + a_6YX + a_7Z^2 \\ & + a_8Y^2 + a_9X^2 + a_{10}ZYX + a_{11}Z^2Y + a_{12}Z^2X + a_{13}Y^2Z + a_{14}Y^2X + a_{15}ZX^2 \\ & + a_{16}YX^2 + a_{17}Z^3 + a_{18}Y^3 + a_{19}X^3 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} D_t(X_n, Y_n, Z_n) = & b_0 + b_1Z + b_2Y + b_3X + b_4ZY + b_5ZX + b_6YX + b_7Z^2 \\ & + b_8Y^2 + b_9X^2 + b_{10}ZYX + b_{11}Z^2Y + b_{12}Z^2X + b_{13}Y^2Z + b_{14}Y^2X + b_{15}ZX^2 \\ & + b_{16}YX^2 + b_{17}Z^3 + b_{18}Y^3 + b_{19}X^3 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} N_s(X_n, Y_n, Z_n) = & c_0 + c_1Z + c_2Y + c_3X + c_4ZY + c_5ZX + c_6YX + c_7Z^2 \\ & + c_8Y^2 + c_9X^2 + c_{10}ZYX + c_{11}Z^2Y + c_{12}Z^2X + c_{13}Y^2Z + c_{14}Y^2X + c_{15}ZX^2 \\ & + c_{16}YX^2 + c_{17}Z^3 + c_{18}Y^3 + c_{19}X^3 \end{aligned} \quad (4)$$

$$D_s(X_n, Y_n, Z_n) = d_0 + d_1Z + d_2Y + d_3X + d_4ZY + d_5ZX + d_6YX + d_7Z^2 + d_8Y^2 + d_9X^2 + d_{10}ZYX + d_{11}Z^2Y + d_{12}Z^2X + d_{13}Y^2Z + d_{14}Y^2X + d_{15}ZX^2 + d_{16}YX^2 + d_{17}Z^3 + d_{18}Y^3 + d_{19}X^3 \quad (5)$$

a_i, b_i, c_i, d_i ($i=0, 1\cdots 19$)即为 RPC 参数, 其中 b_0 和 d_0 的值为 1。

由于高分一号影像自带的 RPC 系数精度不够高, 通过前面步骤采集的控制点和连接点可对 RPC 系数进行优化, 并利用 DEM 高程数据进一步提高复杂地形区域影像定位精度。针对单景影像, 首先利用有优化的理函数模型对全色影像进行校正, 然后将多光谱影像与已经纠正好的全色影像进行配准, 这样能够同时保证全色和多光谱影像定位精度。

1.2.5 影像融合

高分辨率遥感数据的全色图像具有较高的空间分辨率, 而多光谱图像具有丰富的光谱特征, 对全色和多光谱影像进行融合可获取高空间分辨率的多光谱影像。目前遥感商业软件提供了多种影像融合方法, 如 Brovey、Gram-Schmidt、HSV、PCA 和 Pansharp。江威等人从目视效果和定量指数的角度评价了这 5 种方法用于高分二号影像融合的效果, 结果表明 Pansharp 法在图像信息、细节以及光谱都具有较好的保持效果^[11]。本次产品是采用 Pansharp 方法进行影像融合。

1.2.6 匀色镶嵌

由于影像成像条件不一致, 融合后的影像会有较大的色差, 需要对影像进行匀色, 使其整体色调能够保持一致。本次匀色镶嵌采用的是捆绑匀色方法, 该方法首先在每个影像及其重叠影像间使用“束捆绑”来计算每个影像的均值和西格玛全局调整, 通过该调整使影像之间的色调更加均衡; 其次, 系统会自动采集一系列特征点, 在影像对之间进行小范围的局部调整。该方法的优势是不考虑影像叠加次序, 对影像是全局到局部精细化调整。另外, 由于部分影像存在少许云量覆盖, 可以通过人工编辑镶嵌线编辑, 用无云影像替代有云影像, 最后生成云量较少的影像产品^[5]。

2 数据样本描述

本数据集为海南岛高分一号深加工产品, 为全岛镶嵌影像产品, 能够直观展示海南全岛资源环境空间分布。影像空间分辨率为 2 m, GeoTIFF 格式, 格式为阿尔伯斯圆锥等面积投影, 坐标系为 WGS1984, 海南全岛镶嵌图如图 3 所示。

3 数据质量控制和评估

3.1 正射校正精度

影像采集的控制点和连接点精度如表 2。全区域共采集控制点 4079 个, 平均每景控制点 61 个, 控制点的均方根误差 (RMS) 为 1.35 个像元, 每影像影像采集的控制点个数及其均方根误差如图 4。此外, 全区共采集了连接点数量为 27685 个 (图 5), 连接点水平均方根误差为 0.18 个像元, 分别选取上下和左右邻接影像展示接边精度 (图 6), 发现影像的接边精度很高, 道路和河流线状地物接边精度较高。

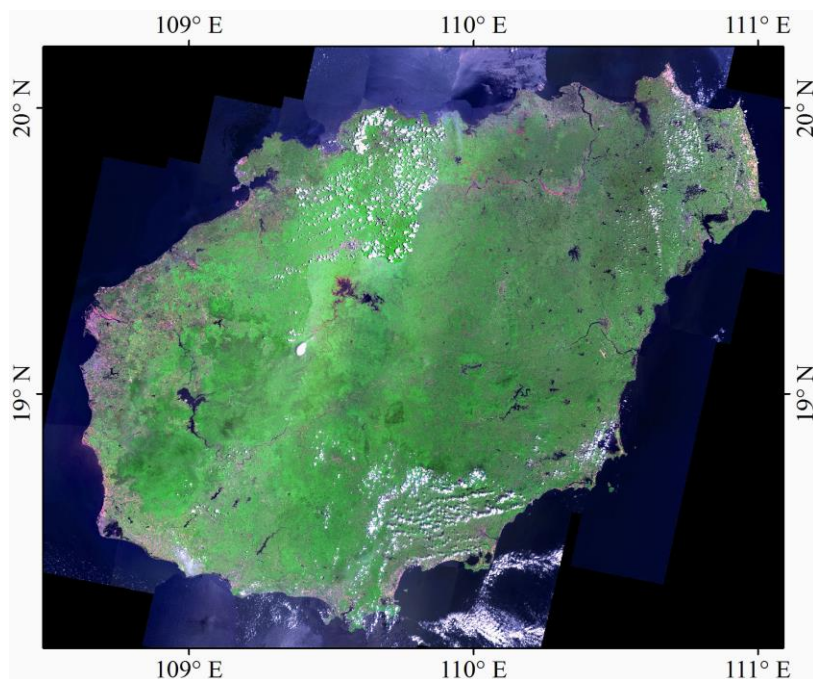


图3 海南岛高分一号影像镶嵌图

表2 影像采集的控制点和连接点精度

点类型	每景点平均数量	RMS/像素	RMS X/像素	RMS Y/像素
控制点	61	1.35	0.88	0.84
连接点	413	0.18	0.63	0.16

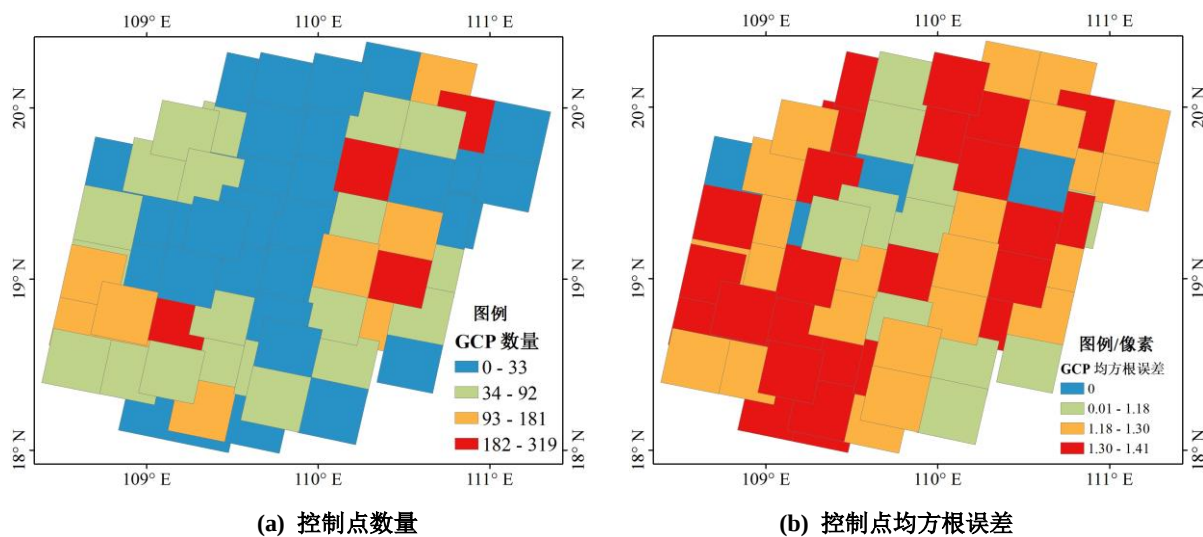


图4 单景影像控制点数量和控制点均方根误差

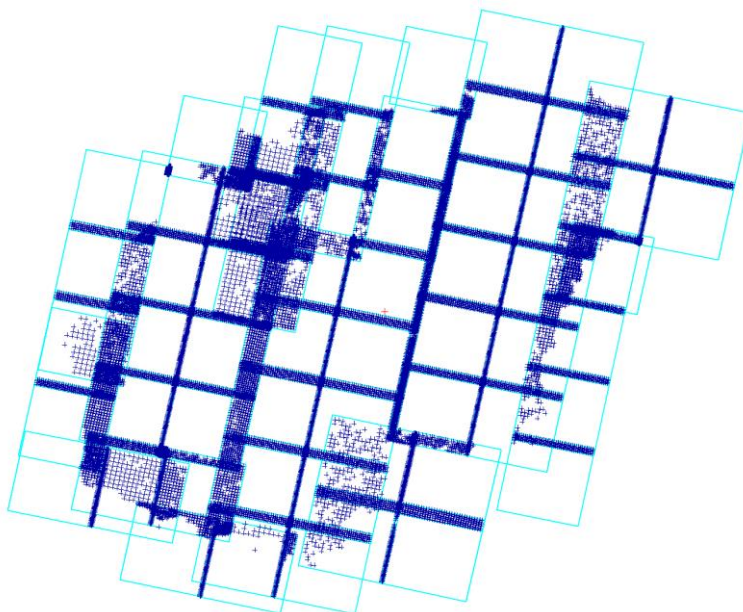


图5 影像连接点分布图



(a) 左右邻接影像

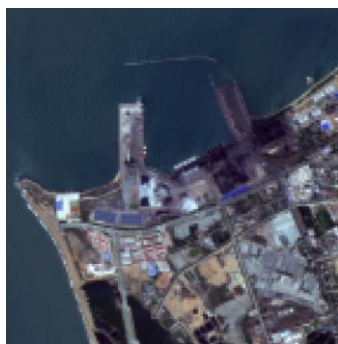


(b) 上下邻接影像

图6 影像接边图

3.2 影像融合质量

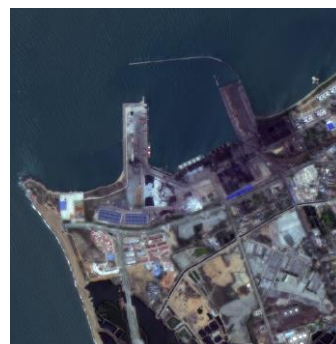
影像融合后会得到分辨率较高的多光谱影像，图7显示了融合前后的影像效果，从图中可以看出，融合后的影像相比融合前的多光谱影像，对于地物细节信息有较大的提升，同时对于地物的色彩也保持得较好，说明本文采用的融合方法能够取得较高的影像融合质量。



(a) 正射后多光谱影像



(b) 正射后全色影像



(c) 融合影像

图7 影像融合前后效果对比

3.3 影像的匀色效果

影像的匀色镶嵌效果是对于不同色度的影像进行颜色调整，从而在全区范围优化，使得镶嵌后的影像在接边处颜色过度自然。图 8 显示了镶嵌前后影像的效果，可以看出镶嵌后的影像在影像接边过度上有较好的处理效果，影像的色调基本均匀。

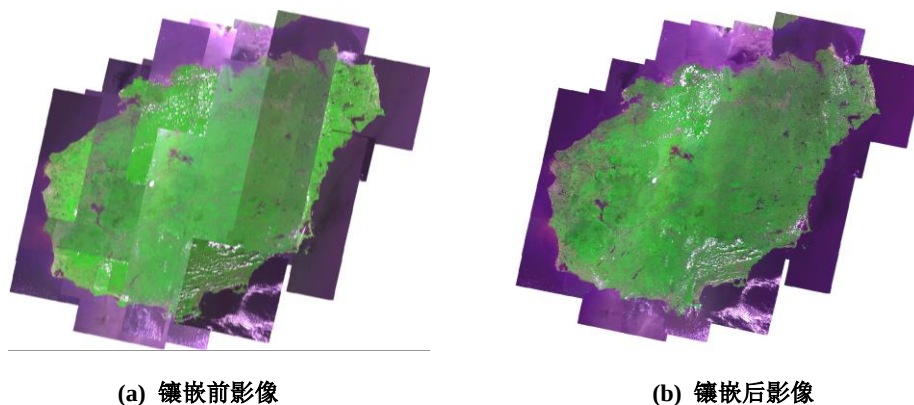


图 8 影像匀色镶嵌前后效果对比

4 数据价值

高质量的遥感卫星数据产品对于海南岛资源环境动态信息监测极为重要。本研究收集了国产高分一号 2 m 分辨率卫星遥感数据，采用卫星遥感数据深加工流程技术，研制覆盖海南全岛的卫星遥感深加工产品。本产品云量少，定位精度高且色彩均衡，使用者可直接进行遥感应用。本数据集包含全岛镶嵌影像、镶嵌产品缩略图、镶嵌影像分幅产品和镶嵌分幅产品索引图等，可方便不同用户下载使用。

海南省既是国家生态文明试验区，也将建设成为自由贸易试验区。本数据集可作为海南岛基础数据，将在岛内重大工程选址、城市发展规划、农田保护和海岸带监测等领域发挥重要作用。

5 数据使用方法和建议

海南岛高分一号 2m 分辨率卫星遥感深加工数据集保存为 GeoTIFF 格式，包含 4 个波段，能够在 ENVI、PCI、ArcGIS 和 QGIS 等遥感和 GIS 主流软件中读取和操作。为便于下载使用，对镶嵌影像进行分块处理，并提供了影像的分块边界（图 9），可以快速查询获取局部数据。与此同时，在样例数据中提供了海南省全岛 60 m 分辨率镶嵌产品，便于快速查看全岛数据。所采用的单景高分一号数据列表命名为海南岛高分一号深加工数据列表，格式为 XLS。使用过程中，建议采用影像 3（R）4（G）1（B）波段组合，能够直观反映植被和城市等信息。

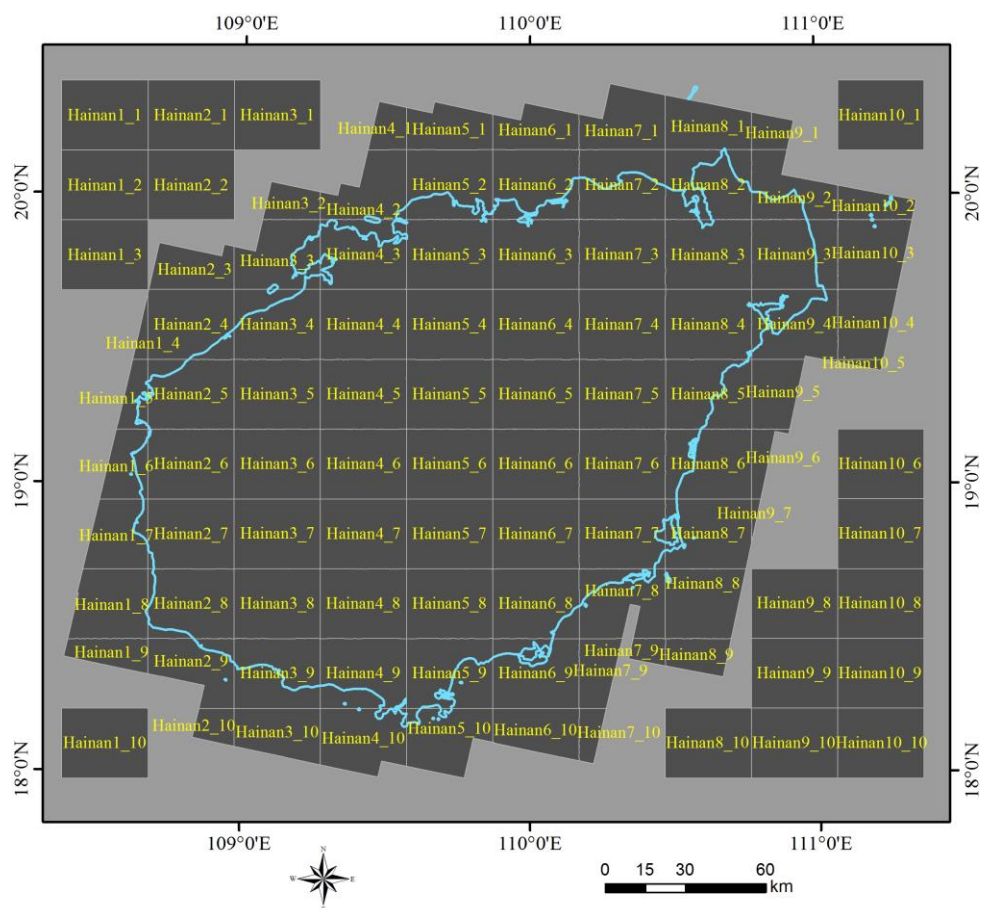


图9 海南岛镶嵌影像分块示意图

致谢

感谢高分分辨率对地观测系统海南数据与应用中心提供高分影像数据。

数据作者分工职责

江威（1991—），男，湖北省孝感市人，博士研究生，研究方向为遥感图像智能处理和夜光遥感应用。主要承担工作：高分影像收集和影像全流程深加工处理。

何国金（1968—），男，福建省龙岩市人，博士，研究员，研究方向为遥感信息智能服务。主要承担工作：遥感数据深加工方案设计。

程博（1974—），男，山东省潍坊市人，博士，正高级工程师，研究方向为高分遥感数据信息提取。主要承担工作：产品精度检查。

龙腾飞（1988—），男，湖北省武汉市人，博士，助理研究员，研究方向为多源遥感数据深加工系统研制。主要承担工作：数据批量处理算法设计。

冷宛春（1994—），女，辽宁省锦州市人，硕士研究生，研究方向为遥感图像处理。主要承担工作：遥感数据整理工作。

尹然宇（1995—），男，山东省临沂市人，博士研究生，研究方向为遥感图像智能算法。主要承担工作：产品精度检查。

参考文献

- [1] 付业勤, 李勇. “一带一路”战略与海南“中国旅游特区”发展[J]. 热带地理, 2015, 35(5): 646-654.
- [2] 徐冠华, 柳钦火, 陈良富, 等. 遥感与中国可持续发展: 机遇和挑战[J]. 遥感学报, 2016, 20(5): 679-688.
- [3] 何国金, 王力哲, 马艳, 等. 对地观测大数据处理: 挑战与思考[J]. 科学通报, 2014, 60 (5-6): 470-478.
- [4] HE G J, ZHANG Z M, JIAO W L, et al. Generation of ready to use (RTU) products over china based on Landsat series data[J]. Big Earth Data, 2018, 2 (1): 56-64.
- [5] 白照广. 高分一号卫星的技术特点[J]. 中国航天, 2013(08): 5-9.
- [6] 江威, 何国金, 刘慧婵, 等. 高分一号卫星 WFV 影像全国陆地镶嵌与制图技术研究[J]. 国土资源遥感, 2017, 29 (4): 190-196.
- [7] 中国科学院计算机网络信息中心. 地理空间云数据[EB/OL]. (2012-07-08) [2016-10-2]. <http://www.gscloud.cn/>.
- [8] 中国科学院遥感与数字地球研究所. 中国遥感数据网站[EB/OL]. (2014-08-10) [2016-05-08]. <http://eds.ceode.ac.cn/>.
- [9] 江威, 何国金, 龙腾飞, 等. 基于北斗和 GPS 的高分二号全色影像几何校正精度验证与分析[J]. 国土资源遥感, 2017, 29 (3): 211-216.
- [10] Long T F, Jiao W L, He G J. RPC Estimation via L(1)-Norm-Regularized Least Squares (L1LS). IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2015, 53(8), 4554-4567.
- [11] 江威, 何国金, 倪愿, 等. 高分二号卫星影像融合方法与效果评价[J]. 科学技术与工程, 2017, 17 (15): 120-125.

论文引用格式

江威, 何国金, 程博, 等. 海南岛高分一号卫星遥感深加工数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2019, 4(2). (2019-04-25). DOI: 10.11922/csdata.2018.0074.zh.

数据引用格式

江威, 何国金, 程博, 等. 海南岛高分一号卫星遥感深加工数据集[DB/OL]. Science Data Bank, 2018. (2019-02-18). DOI: 10.11922/sciencedb.679.

Value-added Gaofen-1 image data of Hainan Island

**Jiang Wei^{1,2,3,4}, He Guojin^{1,3,4*}, Cheng Bo^{1,3,4}, Long Tengfei^{1,3,4},
Leng Wanchun^{1,2}, Yin Ranyu^{1,2}**

1. Institute of Remote sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, P. R. China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P. R. China;

3. Key Laboratory for Earth Observation of Hainan Province, Sanya 572029, P. R. China;

4. Sanya Institute of Remote Sensing, Sanya 572029, P. R. China

*Email: hegj@radi.ac.cn

Abstract: As China's second largest island, Hainan Island is a strategic node of the maritime silk road. High-quality value-added satellite products are of great significance for dynamic investigations of the resources and environment of Hainan Province. This study collects Gaofen-1 (GF-1) satellite images of Hainan Island with less cloud cover from 2015 to 2016. All collected GF-1 images were processed automatically by using the satellite remote sensing deep processing system. Major steps included image registration, Ground Control Points (GCP) collection, adjustment, ortho-correction, image fusion and image mosaicking, through which the value-added product for Hainan Island was completed. With less cloud, higher positioning accuracy and balanced color, this product provides basic data for infrastructure planning, ecological environmental protection and sustainable development of Hainan island.

Keywords: GF-1 satellite; Hainan Island; value-added products; geometric correction; remote sensing service

Dataset Profile

Title	Value-added Gaofen-1 image data of Hainan Island
Data corresponding author	He Guojin (hegj@radi.ac.cn)
Data authors	Jiang Wei, He Guojin, Cheng Bo, Long Tengfei, Leng Wanchun, Yin Ranyu
Time range	From 2015 to 2016
Geographical scope	Hainan island (18°7'–20°7'N, 108°30'–111°10'E)
Spatial resolution	2 m
Data volume	105.2 GB
Data format	*.tif (GeoTIFF, 8bit float)
Data service system	ftp://124.16.184.141/GF1_hainan/ ftp://10.7.2.2/GF1_hainan/ http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/679
Sources of funding	Major Science and Technology Program of Hainan Province (ZDKJ2016021); National Key Research and Development Program of China (2016YFA0600302); Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences (XDA190090300); Major Program for Big Data Development of the National Development and Reform Commission (2016-999999-65-01-000696-01).
Dataset composition	This dataset covers six parts of data, including Hainan Island mosaic product in GeoTIFF format, thumbnail of Hainan island mosaic product in JPEG format, Hainan Island mosaic segmentation product, Hainan Island mosaic segmentation product index map, images list in XLS format. In addition, a sample data is provided to show the orthorectification, image fusion, and image mosaic data.