专题 海南资源环境遥感产品数据集

1970–2017 年海南岛 Landsat 系列卫星遥感深加工数据集

梁琛彬[1,2]，程博[1,3*]，何国金[1,3]

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

摘要： 自海南省经济特区建立以来，海南岛的自然环境和城市发展均发生了沧海巨变。在新的国家战略形势下，面向海南国际旅游岛建设、海上丝绸之路建设以及东盟战略的重大需求，高质量的长时间序列的卫星遥感数据集对于城市建设、环境保护、农业规划、生态旅游等方面具有重大的参考价值。为了宏观了解海南岛的变迁，掌握 40 多年来自然资源的变化过程，本数据集选用了 1970–2017 年间无云或云量较低的 Landsat 系列卫星遥感数据，通过卫星遥感深加工服务系统，分别制作了 1970 年、1988 年、1998 年、2008 年、2017 年 5 期覆盖海南全岛的数据产品。卫星数据深加工处理工作主要包括数据选择、投影转换、波段融合和影像镶嵌等流程。本产品云量较少、时间跨度大，可用于海南岛 40 多年自然资源时空变化科学分析、行业应用监测和政府宏观决策。

关键词： Landsat；海南岛；深加工产品；波段融合；遥感服务

数据库（集）基本信息简介

数据库（集）名称	1970–2017 年海南岛 Landsat 系列卫星遥感深加工数据集
数据作者	梁琛彬、程博、何国金
数据通信作者	程博（chengbo@mail.cn）
数据时间范围	1970–2017年
地理区域	海南岛全岛（地理范围包括北纬18°07’–20°07’，东经180°30’–111°10’）
空间分辨率	60 m，30 m
数据量	1.00 GB
数据格式	*.tif (GeoTIFF, 8 bit float)
数据服务系统网址	http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/725
基金项目	海南省重大科技计划项目（ZDKJ2016021）；国家重点研发计划海洋环境安全保障重点专项课题项目（2017YFC1405600）；中国科学院 A 类战略性先导科技专项课题（XDA190090300）；国家自然科学基金项目（61731022）。

ISSN 2096-2223
CN 11-6035/N

文献 DOI:
10.11922/csdata.2019.0002.zh
数据 DOI：
10.11922/sciencedb.725
文献分类：地球科学

收稿日期：2019-01-14
开放同评：2019-02-01
录用日期：2019-04-28
发表日期：2019-05-20

* 论文通信作者
程博：chengbo@radi.ac.cn

数据库（集）组成	本数据集主要由以下2个部分组成：第一部分是1970–2017年海南岛Landsat系列卫星遥感镶嵌产品，格式为GeoTIFF，一共5幅；第二部分是选取的影像名字列表文件，命名为海南岛Landsat系列卫星遥感深加工数据列表，格式为XLS。此外，提供了一份样例数据，包含波段融合数据和影像镶嵌数据。

引　言

海南省位于中国最南端，拥有 3.53 万 km^2 陆域面积、1823 km 的海岸线以及 200 万 km 的南海海域，既是走向世界的前沿，又是东西方交流的主要通道，作为我国面积最大的经济特区，具有特殊的区位优势和战略地位[1]。自 1988 年海南建省办经济特区 30 年来，海南岛的自然环境和城市建设均发生了巨大的变化，快速掌握自然资源和人类活动发展的动态信息，对于厘清海南省自然、农业、旅游等资源情况，强化资源环境管理，促进信息资源共享，提高科学、宏观、决策管理水平，推动“多规合一”，实现海南省资源、环境、经济、社会协调可持续发展，带动空间大数据的互联网+应用及万众创业，新时期推进海南国际旅游岛建设、建设 21 世纪海上丝绸之路和海南自由贸易试验区的建设具有深远的战略作用和重要的现实指导意义。

卫星遥感技术对于开展资源环境宏观调查具有独特优势，这类调查必须依靠高质量的卫星遥感基础数据[2]。而随着遥感应用的深入和普及，广大用户对数据产品需求逐渐的由基础型向深加工型转变，为了能更加高效、快速地提供标准化的深加工产品，满足用户的快速应用需求，使用户将更多的精力投入更深层次的研究与实践应用中[3]，何国金等人提出了即得即用（Ready To Use，RTU）的卫星遥感产品理念[4-5]，即将卫星遥感数据加工成用户能够直接使用的产品级别，免去用户在使用前进行繁琐的预处理过程，提高了工作效率。

本文以 Landsat 系列多时相遥感数据为基础数据，利用遥感数据深加工处理方法得到 1970–2017 年共 5 期的覆盖海南岛全岛的深加工数据产品。本产品对获取的遥感影像进行了影像配准，投影转换等一系列的预处理，并进行了影像镶嵌获得海南岛全岛镶嵌产品。一方面，本数据产品采用了模拟真彩色合成，在该彩色合成下，植被、建筑物等具有直观鲜明的特点，有利于有关部门对岛内自然环境、城市建设等进行监测；另一方面，本产品完成了数据的预处理，时间跨度大，空间范围广，为其他研究者更深层次的研究提供了便利，奠定了基础。

1　数据采集和处理方法

1.1　数据源

Landsat 系列卫星自 1972 年首发以来，已发射 8 颗卫星，是迄今为止在全球应用最为广泛、成效最为显著的地球资源卫星遥感信息源，常被用于探测地球资源与环境，调查地下矿藏、海洋资源和地下水资源，监视和协助管理农、林、畜牧业和水利资源的合理使用，预报农作物的收成，研究自然植物的生长和地貌，考察和预报各种严重的自然灾害（如地震）和环境污染，拍摄各种目标的图像，以及绘制各种专题图（如地质图、地貌图、水文图）等。Landsat 具有较高的空间分辨率、较长的时间跨度、开放式使用等众多特点[6]，对长时间序列监测研究具有显著优势。

本数据集以中国科学院遥感与数字地球研究所三亚接收站和美国地质勘探局（http://glovis.usgs.gov/）提供下载的海南岛 1970 年、1988 年、1998 年、2008 年和 2017 年的多光谱

影像 Landsat MSS/TM/OLI 为数据源，共获取少云和条带影响的 25 景影像。为了避免云雾干扰，采用对应时相相邻年份的遥感数据作为补充和替换，所用到的遥感影像信息如表 1 所示。根据成像时间对 Landsat 影像进行拼接镶嵌，得到完整覆盖海南岛的 1970–2017 年共 5 期的遥感影像图。

表 1　海南岛遥感影像数据列表

序号	成像时间	轨道号	卫星	传感器	空间分辨率
1	1973-02-25	134-047	Landsat-1	MSS	60 m
2	1973-12-28	134-046	Landsat-1	MSS	60 m
3	1974-01-13	132-046	Landsat-1	MSS	60 m
4	1977-01-25	133-046	Landsat-2	MSS	60 m
5	1978-12-18	132-046	Landsat-3	MSS	60 m
6	1980-01-01	133-047	Landsat-3	MSS	60 m
7	1988-01-07	124-047	Landsat-5	TM	30 m
8	1988-06-08	123-046	Landsat-5	TM	30 m
9	1988-06-08	123-047	Landsat-5	TM	30 m
10	1988-06-15	124-046	Landsat-5	TM	30 m
11	1998-01-02	124-047	Landsat-5	TM	30 m
12	1998-01-11	123-047	Landsat-5	TM	30 m
13	1998-04-24	124-046	Landsat-5	TM	30 m
14	1998-08-23	123-046	Landsat-5	TM	30 m
15	1998-09-22	125-047	Landsat-5	TM	30 m
16	2008-08-25	124-047	Landsat-5	TM	30 m
17	2009-10-08	123-046	Landsat-5	TM	30 m
18	2009-10-24	123-047	Landsat-5	TM	30 m
19	2010-03-24	124-046	Landsat-5	TM	30 m
20	2015-11-17	124-046	Landsat-8	OLI	30 m
21	2015-11-17	124-047	Landsat-8	OLI	30 m
22	2016-08-08	123-046	Landsat-8	OLI	30 m
23	2017-03-02	125-046	Landsat-8	OLI	30 m
24	2017-04-21	123-047	Landsat-8	OLI	30 m
25	2017-04-26	125-047	Landsat-8	OLI	30 m

1.2　数据处理方法

针对 Landsat 系列遥感数据，对其进行遥感数据预处理工作，主要包括：投影转换、影像配准、波段融合和影像镶嵌。本数据集的投影坐标统一为 UTM 49N，坐标系为 WGS84，采用短波红外、近红外、红光波段进行波段融合，最后进行影像镶嵌得到覆盖海南岛全岛的数据产品（图 1）。

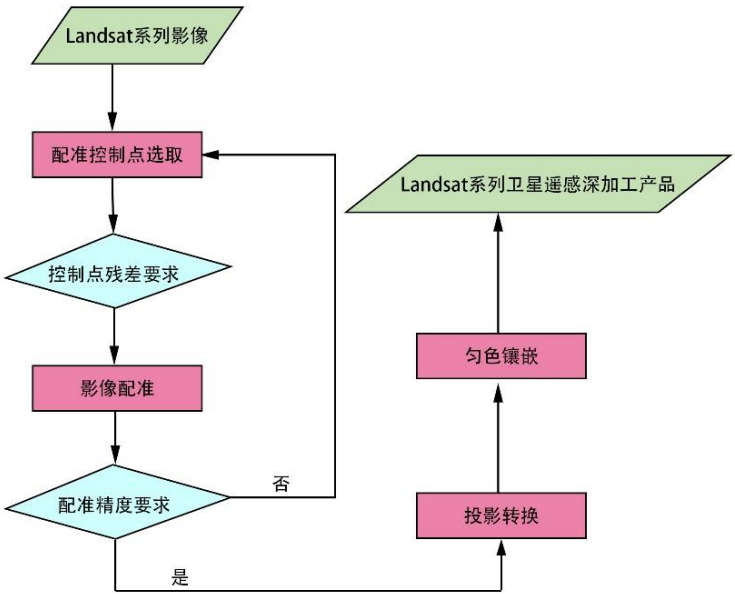


图 1　Landsat 系列卫星遥感影像数据处理流程

1.2.1　投影转换

由于获取数据的来源不同，以及 Landsat 数据本身的投影也不统一，为了后续影像镶嵌工作的顺利进行，将影像投影坐标统一为 UTM 49N，使用 ENVI 软件采用 Map Based 的方式，对数据列表中的各波段数据进行投影转换。

1.2.2　影像配准

图像配准是指将相同或不同日期、同一传感器或不同传感器获取的 2 幅或多幅图像（参考和待配准图像），利用其重叠的物理区域来拟合最佳空间转换的过程。若从数学意义的角度来定义图像配准，可将图像间的配准关系映射为下式[7]:

$$I_2(x,y) = g(I_1(f(x,y))) \quad (1)$$

作为数字图像，$I_1(x,y)$和$I_2(x,y)$分别为参考图像和待配准图像的二维数组矩阵，它们用来表征图像的灰度级，其中(x,y) 是空间坐标；f为二维空间坐标变换，如仿射变换、相似变换等，其参数矩阵由 2 幅图像间的相似性度量决定，使之能够达到最佳的空间拟合过程；g为图像亮度或饱和度等的变换，也可以通过调整传感器硬件参数来达到目的。

为了消除镶嵌时的影像间的几何误差，在镶嵌每一期影像前，从每期所需的数据中，选取一景基准影像，利用 ENVI 软件采用双线性内插法进行 Image to Image 的几何纠正。

1.2.3　波段融合

采用了短波红外、近红外和红光波段的假彩色合成，清晰地反映了各种地物的特征，这种组合利用了一个红光波段、2 个红外波段，水体与水体边界很清晰，易于区分河渠与道路，适合对海岸及其滩涂的调查。对于居民地，这种波段组合下，其外围边界虽不十分清晰，但内部的街区结构特征清楚。此外，该波段组合具备标准假彩色图像的突显植被的优点，但同时色彩上又不会很饱和。

本文利用 GDAL 库对数据列表中的数据进行批处理，实现波段融合。GDAL 是由 Frank Warmerdam 于 1988 年最先研发的，全称是 Geospatial Data Abstraction Library，为表达各种数据格式制定了抽象数据模型，并为数据的转换和处理服务提供了相关的命令行工具。GDAL 中提供了对大多数栅格数据和矢量数据的支持，但对某些特定数据的读写需要按照一定的规则处理[8-9]。

1.2.4 影像镶嵌

在进行影像镶嵌时，通过修改镶嵌线尽量减少镶嵌结果的云量。此外，由于成像条件的不同，在镶嵌某一年份的全岛图时，所用影像之间的色差比较严重，需要对影像进行匀色，以减少影像之间的色差，使得整体上色调能够保持一致。

采用直方图匹配进行匀色，直方图匹配是影像间的色彩一致性处理时经常用到的方法，该方法以基准参考图像的直方图为标准，使待匀色的图像的直方图与之相同或近似，从而使 2 幅图像具有类似的色彩和亮度[10]。它充分反映了图像的灰度分布。通过直方图修正来对图像进行处理是以直方图作为根本来变换的，使得变换后的直方图与给定的参考图像直方图相近。图像可以数字化，当然它的直方图就可以用离散函数来表示，通过它可以统计数字图像中的灰度值与其出现的次数之间的关系[11]。

假如数字图像用$g(x,y)$来表示，图像行列的维数分别为M和N。归一化的直方图可以定义为：

$$P(r_k)=\frac{n_k}{MN} \quad (2)$$

式中：r_k为第 k 级灰度值；$P(r_k)$为灰度级r_k在图像中出现的概率的一个估计；n_k为灰度级r_k的像素总数。

2 数据样本描述

本数据集包括 1970–2017 年共计 5 期的覆盖全岛的海南岛 Landsat 系列卫星遥感深加工产品。这些数据存储在“data set”文件夹中，每期数据以相应的年份命名，总数据量为 1.00 GB。除 1970 年的影像空间分辨率为 60 m 外，其余年份均为 30 m。各期投影坐标为 UTM 49N，坐标系为 WGS1984。2017 年的海南岛镶嵌图如图 2 所示。

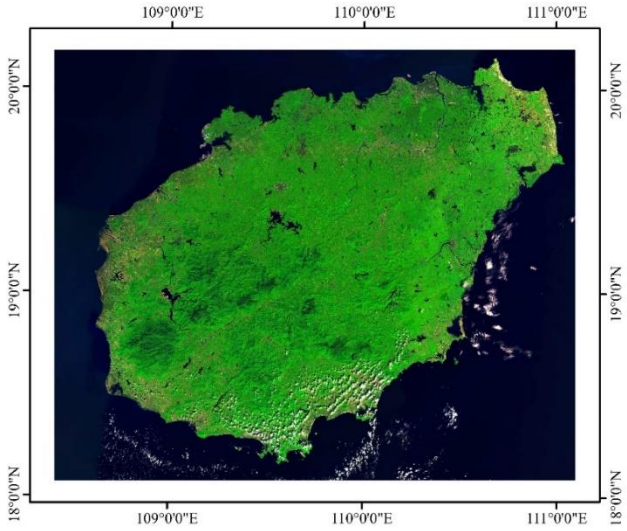


图 2　2017 年海南岛 Landsat 影像镶嵌图

3 数据质量控制和评估

3.1 影像配准精度

从统计误差方面入手对影像配准的效果进行全面深入的分析。现在普遍适用的方法是均方根误差法（Root-mean-square Error, RMSE），通过计算校正图像与参考图像之间的 RMSE 来对配准精度进行客观评价。一般来说，RMSE 值越小表示算法的准确度越高。在图像变化检测方向的研究中，RMSE 的数学表达式为：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}[(x_i - x_i'')^2 + (y_i - y_i'')^2]}{n}} \quad (3)$$

其中，(x'', y'')为配准后图像的像元坐标。

选取多项式模型进行几何纠正，选取双向线性内插法进行精配准，总体精度达到 0.5 个像元以内，分别选取上下和左右邻接影像展示接边精度（图 3）。从图 3 中可以直观地看出河流、道路等现状物的接边精度较高。



(a) 左右邻接影像　　(b) 上下邻接影像

图 3　影像接边图

3.2 匀色镶嵌效果

采用直方图匹配进行匀色，其以基准参考图像的直方图为标准，使待匀色的图像的直方图与之相同或近似，对图像的色彩和亮度进行调节，最终使图像在色彩和亮度上保持均衡，消除不同影像之间的色差，如图 4 所示。比较镶嵌前后的示意图可以发现，在进行匀色镶嵌时，影像之间的接边处理效果好，接边处颜色过渡自然，无明显色差。



(a) 镶嵌前影像　　(b) 镶嵌后影像

图 4　影像匀色镶嵌前后效果图比对

4　数据价值

本数据集是一个比较完整的海南岛 40 多年间 Landsat 全岛镶嵌产品，本产品云量少，定位精度高和色彩均衡，无需使用者进行预处理，数据集包含 5 期全岛镶嵌产品和影像数据列表，可满足不同用户使用需求，亦可服务于海南省自然资源调查、生态环境监管、城市发展规划、重大工程选址、海洋战略通道监测等领域，也可作为关键基础数据用于科学研究。

5　数据使用方法和建议

1970–2017 年海南岛 Landsat 系列卫星遥感深加工数据产品是一个长时序的海南岛全岛镶嵌产品，除 1970 年份的空间分辨率为 60 m 外，其余年份的空间分辨率均为 30 m，可作为海南岛本底数据，便于研究海南省经济特区建立以来，海南岛的整体变迁，并且对于城市规划、农田保护、植被检测、土地覆被和海岸带监测等领域具有重要作用。后续本数据集将会定期补充新的时序产品，为海南省可持续发展提供基础数据支撑。

本数据集的数据格式为 GeoTIFF，包含短波红外、近红外、红光波段 3 个波段，该波段组合具有水体边界清晰、易于突显植被、能直观反映植被和城市信息等优点。此外，数据产品能够在 ENVI、ArcGIS、PCI 和 QGIS 等遥感和地理信息系统软件中直接读取与操作，便于进行二次生产。所采用的数据列表，命名为海南省 Landsat 系列卫星遥感深加工数据列表，格式为 XLS。

致　谢

感谢中国科学院遥感与数字地球研究所三亚接收站和美国地质勘探局提供的数据支持。

数据作者分工职责

梁琛彬（1996—），女，山西省吕梁市人，硕士研究生，研究方向为遥感图像智能处理和深度学习。主要承担工作：Landsat 影像收集，影像全流程深加工处理以及数据批处理算法设计。

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。主要承担工作：遥感数据深加工方案设计。

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：产品精度检查与遥感数据深加工方案设计。

参考文献

[1] 孟广文, 杨开忠, 朱福林, 等. 中国海南: 从经济特区到综合复合型自由贸易港的嬗变[J]. 地理研究, 2018 (12): 2363-2382.

[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] 王坤龙, 刘定生, 章文毅, 等.卫星数据深加工处理流程自动化分析、设计与实现[J]. 遥感技术与应用, 2005 (3): 355-360.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 汤冬梅, 樊辉, 张瑶. Landsat 时序变化检测综述[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(8): 1069-1079.

[7] 徐丽燕. 基于特征点的遥感图像配准方法及应用研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2012.

[8] 张利娜, 张东芳, 白亚彬. 基于 GDAL 的遥感影像快速读取与显示方法研究[J]. 西部资源, 2014 (1): 188-190.

[9] 赵岩, 王思远, 毕海芸, 等. 基于GDAL的遥感图像浏览关键技术研究[J]. 计算机工程, 2012 (23): 15-18.

[10] 王晓丽, 戴华阳, 余涛, 等. 基于多分辨率融合的无人机图像拼接匀色研究[J]. 测绘通报, 2013(6): 27-30.

[11] 王辉柏, 张朋楼. 基于直方图匹配的相对辐射校正方法的研究[J]. 数字化用户, 2014(23): 234.

论文引用格式

梁琛彬, 程博, 何国金. 1970–2017 年海南岛 Landsat 系列卫星遥感深加工数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2019. (2019-01-14). DOI: 10.11922/csdata.2019.0002.zh.

数据引用格式

梁琛彬, 程博, 何国金. 1970–2017 年海南岛 Landsat 系列卫星遥感深加工数据集[DB/OL]. Science Data Bank, 2019. (2019-01-14). DOI: 10.11922/sciencedb.725.

Value-added Landsat image data of Hainan Island from 1970 to 2017

Liang Chenbin[1,2], Cheng Bo[1,3*], He Guojin[1,3]

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

*Email: chengbo@mail.cn

Abstract: Since its establishment as Hainan Special Economic Zone, Hainan Island has achieved great development in urbanization and great changes have taken place in the natural environment. In recent years, many policies have been put forward for the construction of Hainan Island, such like Hainan International Tourism Island Construction, Maritime Silk Road and the ASEAN strategy. In this situation, the long time-sequence, high-quality satellite remote sensing data sets provide important reference to Urban Construction, Environmental Protection, Agricultural Planning, and Ecotourism. In order to learn the changes of Hainan Island, in macroscope perspective, and understand the evolution of its natural resources, since the establishment of the special economic zone, this study selected the cloudless or less cloudy Landsat series satellite remote sensing images from 1970 to 2017. Through the deep processing service system, we obtained five images which can cover the entire island of Hainan in 1970, 1988, 1998, 2008 and 2017. And the main jobs included image registration, projection conversion, band fusion and image mosaicking. With less cloud influence, this product has a large time span and can be used for scientifically analyzing the temporal and spatial changes of Hainan Island over the past 40 years, as well as in industrial application monitoring and government macro decision.

Keywords: Landsat; Hainan Island; value-added products; band fusion; remote sensing service

Dataset Profile

Title	Value-added Landsat image data of Hainan Island from 1970 to 2017
Data corresponding author	Cheng Bo (chengbo@mail.cn)
Data authors	Liang chenbin, Cheng bo, He guojin
Time range	1970 – 2017
Geographical scope	Hainan Island (18°07’N – 20°07’N, 108°30’E – 111°10’E)
Spatial resolution	60 m, 30 m
Data volume	1.00 GB
Data format	*.tif (GeoTIFF, 8 bit float)
Data service system	<http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/725>
Sources of funding	Major Science and Technology Program of Hainan Province (ZDKJ2016021); National Key Research and Development Program of China (2017YFC1405600); Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences (XDA190090300); National Natural Science Foundation of China (61731022).

Dataset composition	This dataset covers two parts of data, including Landsat Hainan Island mosaic product in GeoTIFF format from 1970 to 2017 and image lists in XLS format. In addition, a data sample is provided to show the band fusion data and image mosaic data.