

# 海地地震（2010）遥感分析速报联合国数据集的研发

刘 闯<sup>1</sup>, 郭华东<sup>2</sup>, 吕婷婷<sup>2\*</sup>, 王晋年<sup>2</sup>, 刘定生<sup>2</sup>, 王世新<sup>2</sup>, 顾行发<sup>2</sup>, 曲国胜<sup>3</sup>

1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100101; 3. 中国地震应急搜救中心, 北京 100049

**摘 要:** 2010 年 1 月 12 日 21:53:10 (UTC) 位于加勒比地区伊斯帕尼奥拉岛的海地发生里氏 7.0 级地震, 震中 (18.457°N, 72.533°W) 距离海地首都太子港约 15 km。由于本次地震震源浅 (约 10 km)、靠近城市, 而且该地区房屋建筑抗震能力较差, 故造成大量人员伤亡和财产损失。地震发生后, 联合国启动对海地展开救灾行动的应急机制。中国科学院自 2007–2012 年担任联合国信息通讯与发展全球联盟领域优先计划-科学数据在发展中国家共享与应用全球联盟 (UNDESA GAID-eSDDC) 项目领衔单位。海地地震发生后, 项目组成员采取紧急行动, 收集和整理了该区域震前震后的卫星遥感数据, 即 2010 年 1 月 10 日 QuickBird 卫星影像数据、2010 年 1 月 13 日北京-1 遥感数据、2010 年 1 月 13 日和 2010 年 1 月 16 日 GeoEye 遥感数据等多时相遥感影像, 采用人工目视解译方法提取了海地地震后的道路信息、建筑物受损信息、临时避难帐篷信息, 并对灾害信息进行了统计分析, 形成了海地地震 (2010) 太子港及毗邻地区受灾遥感分析速报联合国数据集。

**关键词:** 海地; 地震; 2010 年; 道路; 受损房屋

**DOI:** 10.3974/geodp.2017.02.10

## 1 前言

2010 年 1 月 12 日 21:53:10 (UTC) 位于加勒比地区伊斯帕尼奥拉岛的海地发生里氏 7.0 级地震 (USGS), 震中位于 18.457°N, 72.533°W (图 1), 距离海地首都太子港约 15 公里<sup>[1]</sup>。由于本次地震震源浅 (约 10 km)、靠近城市, 而且该地区房屋建筑抗震能力较差, 故造成大量人员伤亡和财产损失。据后来报道, 这次地震造成大约 30 万人死亡、30 万座房屋受损。

地震发生后, 联合国启动紧急援助机制, 联合国减灾防灾委员会立即动员各有关国家和组织采取援助措施。中国科学院在 2007–2012 年间, 担任联合国信息通信与发展全球联盟 (UNGAID) 优先领域集合——发展中国家科学数据共享与应用 (e-SDDC) 计划领衔单位。海地地震 (2010) 发生后, UN GAID e-SDDC 立即启动应急遥感数据分析工作, 30 多位遥感分析专家和学者参加了数据分析和速报工作。本项研究利用可获取的 GeoEye (美国,

收稿日期: 2014-09-20; 修订日期: 2014-11-15; 出版日期: 2017-06-25

基金项目: 中国科学院 (CXIOG-D04-03)

\*通讯作者: 吕婷婷 R-8978-2016, 中国科学院遥感与数字地球研究所, lvtt@radi.ac.cn.

论文引用格式: 刘闯, 郭华东, 吕婷婷等. 海地地震 (2010) 遥感分析速报联合国数据集的研发[J]. 全球变化数据学报, 2017, 1(2): 196–202. DOI: 10.3974/geodp.2017.02.10.

数据集引用格式: 刘闯, 郭华东, 吕婷婷等. 海地地震 (2010) 太子港及毗邻地区受灾遥感分析速报联合国数据集[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2014. DOI: 10.3974/geodb.2014.02.09.V1.

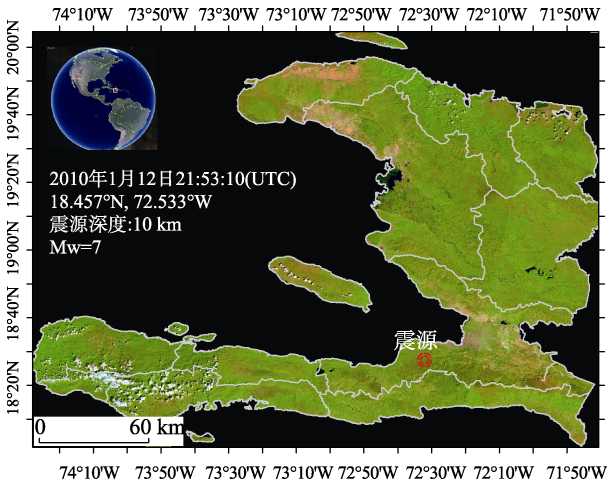


图 1 海地地震震中位置图

2010 年 1 月 16 日)、QuickBird (美国, 2010 年 1 月 16 日)、BJ-1 (中国, 2010 年 1 月 13 日) 和 Google Earth 等高空间分辨率的震前震后遥感数据, 采用了人工目视解译方法提取了海地地震后的道路信息、建筑物受损信息、临时避难帐篷信息, 并对灾害信息进行了统计分析。分析结果和数据于 2010 年 1 月 18 日速报到联合国减灾防灾委员会 (UNDPIDER) 和) 联合国经社事务部 (UNDESA, 纽约), 得到联合国感谢回复。本次案例也充分反映了遥

感技术在地震灾害损失评估中充分发挥了其时效性好、信息量丰富的优点, 它不仅可获取大量、及时的有关信息, 而且涉及区域面积广, 在地震的快速评估中发挥重要作用<sup>[2]</sup>。

## 2 数据集元数据简介

海地地震 (2010) 太子港及毗邻地区受灾遥感分析速报联合国数据集<sup>[3]</sup>的名称、短名称、作者信息、地理区域、数据年代、空间分辨率、出版与共享服务平台等信息一并列于表 1。

## 3 数据采集及研发方法

海地地震 (2010) 太子港及毗邻地区受灾遥感分析速报联合国数据集的研发依据和研发流程如下: 利用 2010 年 1 月 10 日 QuickBird 卫星影像数据、2010 年 1 月 13 日北京-1 遥感数据、2010 年 1 月 13 日和 2010 年 1 月 16 日 GeoEye 等震前和震后的高空间分辨率遥感数据, 进行地震破坏的遥感表征目视分析, 即根据影像特征, 如形状、大小、阴影、色调、颜色、纹理、图案、位置和布局等建立起影像和实地目标物之间的对应关系<sup>[5-6]</sup>, 从而提取出结构明显破损的建筑物、临时避难帐篷点和道路信息, 提取的灾害信息结果进行分组交叉验证。使用的遥感数据见表 2, 具体流程见图 2。

由于海地地震灾后信息提取采用人工目视解译的方法, 为了最大限度避免由于人员不同造成的提取结果的差异, 在建立解译标识后对参加培训的 35 名人员进行了培训, 对解译标识的确定以及板块、线条的勾画标准进行了统一规定。

### (1) 海地地震后的道路信息

高分辨率遥感影像中道路表现为局部灰度相似, 宽度变化缓慢的狭长区域, 道路一般有两条明显的边缘线, 多受路面上的汽车影响。图 3 为海地道路影像图。

### (2) 建筑物受损信息

地震使建筑物发生不同程度的倒塌和破坏, 建筑物的规则结构受到破坏。建筑物倒塌

表 1 海地地震（2010）太子港及毗邻地区受灾遥感分析速报联合国数据集元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	海地地震（2010）太子港及毗邻地区受灾遥感分析速报联合国数据集
数据集短名	HaitiEQ_2010data
数据作者	刘 闯 L-3684-2016, 中国科学院地理科学与资源研究所, lchuang@igsnrr.ac.cn 郭华东 G-9388-2017, 中国科学院遥感与数字地球研究所, hdguo@radi.ac.cn 吕婷婷 R-8978-2016, 中国科学院遥感与数字地球研究所, lvt@radi.ac.cn 王晋年 E-2431-2017, 中国科学院遥感与数字地球研究所, jwang@radi.ac.cn 刘定生 L-7432-2016, 中国科学院遥感与数字地球研究所, dsliu@radi.ac.cn 王世新 中国科学院遥感与数字地球研究所, wsx@radi.ac.cn 顾行发 L-7328-2016, 中国科学院遥感与数字地球研究所, guxingfa@radi.ac.cn 曲国胜 中国地震应急搜救中心, qgsh@263.net
地理区域	18.5°N-18.7°N, 72.2°W-72.47°W
数据年代	2010 年
数据空间分辨率	1 m
数据文件个数	3
数据格式	.kmz, .shp, .zip
数据量	2.5 MB
数据集组成	数据集由 3 部分组成： （1）2010 年海地地震房屋受损压缩数据 HTI_Collapsed_house.zip, 数据量 441 KB。原始数据为 ARCGIS 的.shp 格式 （2）2010 年海地地震临时避难场所数据 HIT_Camp.zip, 数据量 66 KB。原始数据为 ARCGIS 的.shp 格式 （3）2010 年海地道路数据 HIT_Road.zip, 数据量 842 KB。原始数据为 ARCGIS 的.shp 格式
基金项目	中国科学院（CXIOG-D04-03）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 <a href="http://www.geodoi.ac.cn">http://www.geodoi.ac.cn</a>
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
知识产权保护与数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、实体数据（中英文）和通过《全球变化数据学报》（中英文）发表的数据论文。其共享政策如下： （1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与全球变化科学研究数据出版系统编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 <sup>[4]</sup>

表 2 GeoEye、Quick bird、BJ-1 遥感数据指标表<sup>[7-8]</sup>

卫星	国家	公司	传感器	空间分辨率	重访周期	获取日期	获取网站
GeoEye-1	美国	GeoEye, Inc. Nasdaq	全色传感器	0.41 m( 星下点 )	3 天	2013 年 1 月 13 日	<a href="http://www.google.com/relief/haitiearthquake/geoeeye.html">http://www.google.com/relief/haitiearthquake/geoeeye.html</a>
			多谱段传感器	1.65 m( 星下点 )		2013 年 1 月 16 日	
Quick Bird	美国	DigitalGlobe	全色传感器	0.61 m( 星下点 )	1-6 天	2010 年 1 月 10 日	<a href="ftp://ftp.digitalglobal.com">ftp://ftp.digitalglobal.com</a>
			多谱段传感器	2.44 m( 星下点 )			
BJ-1	中国	二十一世纪空间技术应用股份有限公司	全色传感器	4 m( 星下点 )	2-3 天	2010 年 1 月 13 日	
			多谱段传感器	32 m( 星下点 )			

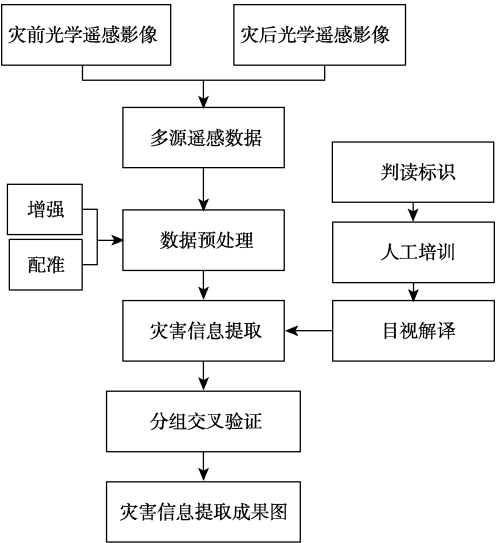


图 2 海地地震灾害信息提取流程图



图 3 海地道路影像

的影像特征为：建筑物外形轮廓图案消失，或外形图案影像凌乱，轮廓影像不清，倒塌物为不同色调的杂乱的斑点状，照射光线呈漫反射状态。建筑物部分倒塌的影像特征为：房屋的平面几何形态遭到破坏，纹理的韵律被打破，倒塌部分在影像上呈暗或黑色，为无规则的斑点状，使原来规则的色调发生变化。图 4 是某一明显破损的建筑物在震前和震后的对比图，可以看出该建筑物地震前后的几何形状和色调发生改变，而且目标周围出现大量的倒塌堆积物。目视解译要求为受损建筑物的勾画形状尽量与房子形状保持一致，长方形或方形。如果房屋倒塌连片，可以连片勾画，但勾画的边界方向尽量与街区道路走向一致，不要与街道相交。



图 4 海地地震受损建筑物灾前灾后影像对比图

（3）临时避难帐篷信息

通过对比震前和震后影像，可以发现许多震前空旷的地区在震后出现一些高亮度的、零散小版块。图 5 是震后临时避难帐篷的影像特征。

4 数据结果与验证

4.1 影像数据

图 6 为用于灾后信息提取的 2010 年 1 月 13 日海地灾区 GeoEye-1 影像的拼接图。

4.2 道路数据

图 7 为 2010 年海地道路数据提取图，提取道路总长度为 1,839 km。





图 5 海地地震临时避难场所影像特征图

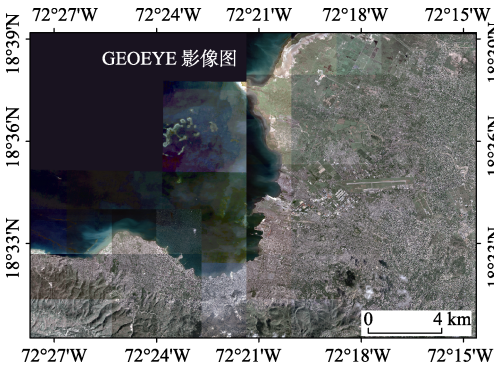


图 6 2010 年 1 月 13 日海地地震 GeoEye-1 影像

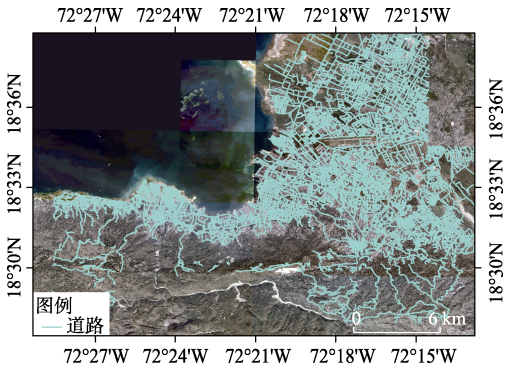


图 7 2010 年海地道路数据

4.3 地震房屋坍塌数据

图 8 为 2010 年海地地震房屋受损数据空间分布及其密度图。房屋倒塌数据见表 3。

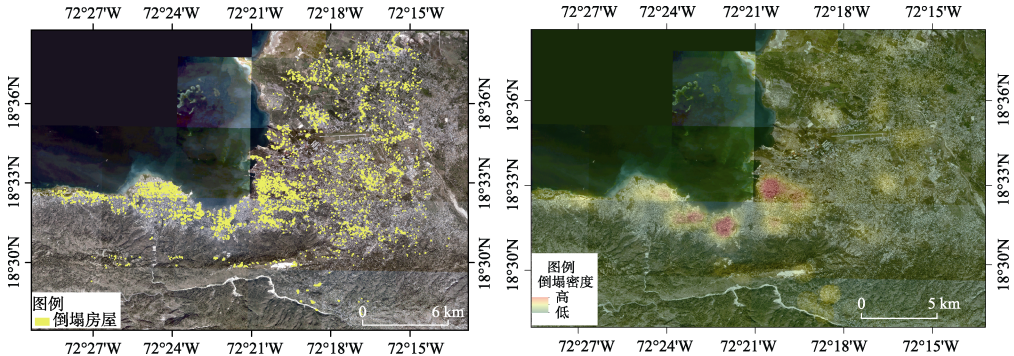


图 8 2010 年海地地震房屋受损数据空间分布及其密度图

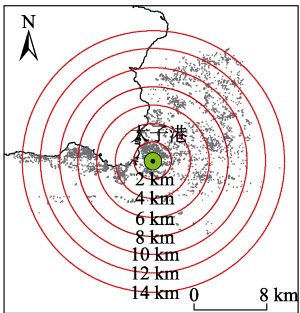
4.4 临时避难帐篷

图 9 和表 4 是临时避难帐篷数据。

5 结论

利用高分辨率卫星遥感数据对重大自然灾害、特别是在不发达地区发生的灾情进行遥感分析并速报联合国等有关部门是全球合作减灾救灾有效办法之一。基于高分辨率遥感影

表 3 房屋倒塌数据表

缓冲带	图斑数（个）	面积（m <sup>2</sup> ）	分布
<2 km	919	339,602.5	
2-4 km	764	264,156.1	
4-6 km	815	333,791.2	
6-8 km	1,182	367,465.6	
8-10 km	1,032	281,856.4	
10-12 km	575	178,810.7	
>12 km	281	96,041.92	
总计	5,568	1,861,724.4	

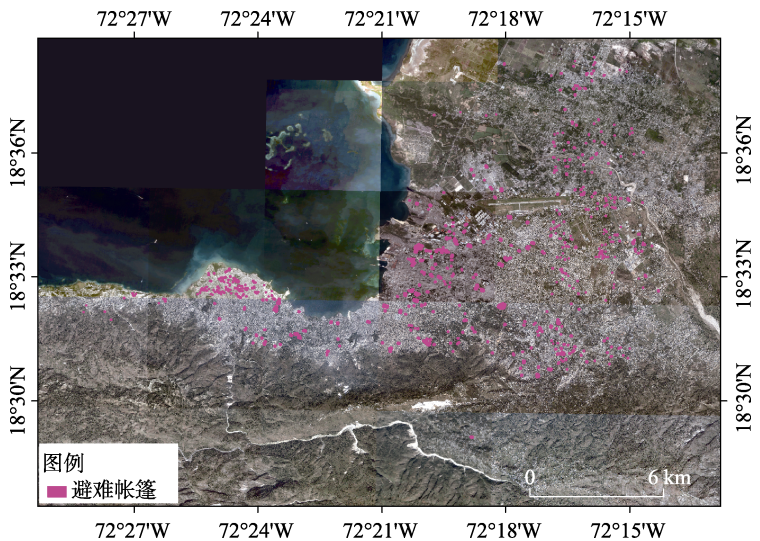
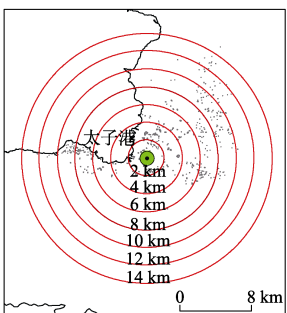


图 9 2010 年海地地震临时避难帐篷数据图

表 4 临时避难帐篷数据表

缓冲带	图斑数（个）	面积（m <sup>2</sup> ）	分布
<2 km	46	142,103.47	
2-4 km	70	243,372.70	
4-6 km	77	143,603.50	
6-8 km	176	101,499.90	
8-10 km	177	34,584.49	
10-12 km	58	23,258.15	
>12 km	20	3,201.20	
总计	624	691,623.44	

像对海地地震灾区进行解译的结果表明,海地地震造成了 5,568 处房屋倒塌(>12 km),造成的损失巨大。它需要世界各国科技界在灾后甚至灾前(如果有可能预报到的话)采取快速反应的办法,尽一切可能将科学数据和相关信息在最短的时间内速报到有关决策部门。中国科学院在海地地震发生后六天之内、在中国北京 1 号卫星数据开放后 5 天之内(中国,2010 年 1 月 13 日),在美国 GeoEye(2010 年 1 月 16 日)和 QuickBird(2010 年 1 月 16 日)卫星数据开放后 2 天之内将 1 米分辨率的海地地震(2010)太子港及毗邻地区受灾遥感分析得到的道路数据集,房屋倒塌数据集和救灾营地数据集以地图和文字的方式于 2010 年 1 月 18 日速报联合国,供联合国及其相关国家和单位组织救灾参考,是一个有意义的实践和案例。

**作者分工:**刘闯、郭华东、顾行发负责技术方案总体设计;吕婷婷、王晋年、刘定生、王世新、曲国胜负责海地地震后的道路、建筑物受损信息、临时避难帐篷信息提取方法研究以及数据分析工作;吕婷婷完成了论文初稿;刘闯最后审定论文,并完成了向联合国有关部门上报灾情分析数据和分析结果。

**致谢:**感谢北京 1 号卫星、GeoEye 和 QuickBird 数据在海地地震后迅速上网,其中作者首批获得上述数据时间分别为,北京 1 号:2010 年 1 月 13 日;GeoEye:2010 年 1 月 16 日;QuickBird:2010 年 1 月 16 日。作者仅此深表谢忱。

## 参考文献

- [1] USGS. Magnitude 7.0—Haiti Region [R]. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/Quakes/us2010rja6.php>.
- [2] 李萍. 基于遥感技术的 2003 年 2 月 24 日新疆巴楚地震震害快速评估[D]. 哈尔滨:中国地震局工程力学研究所,2004
- [3] 刘闯,郭华东,吕婷婷等. 海地地震(2010)太子港及毗邻地区受灾遥感分析速报联合国数据集[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统,2014. DOI: 10.3974/geodb.2014.02.09.V1.
- [4] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据出版系统数据共享政策[OL]. DOI: 10.3974/dp.policy.2014.05 (2017 年更新).
- [5] 王瑞雪,叶燎原. 应用遥感技术进行地震灾害快速调查研究[J]. 昆明理工大学学报(理工版),2003,28(4): 1-5.
- [6] 王勇. 遥感技术在地震灾害评估中应用——以“5.12”汶川地震为例[D]. 上海:同济大学,2009.
- [7] Geoeye-1 [DB/OL]. <http://www.google.com/relief/haitiearthquake/geoeye.html>.
- [8] QuickBird [DB/OL]. <ftp://ftp.digitalglobal.com>.