

“一带一路”空间减灾研究与发展

于博¹, 陈方^{1,2,3*}, 杨阿强¹

1. 中国科学院空天信息创新研究院, 中国科学院数字地球重点实验室, 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, 三亚 572029

摘要 “一带一路”沿线国家所处的地理环境比较复杂, 气候条件多样, 频繁的自然灾害对人类的生命财产造成严重损失。从对地观测科技支撑“一带一路”减灾工作切入, 梳理了全球空间技术进展, 概述了“一带一路”空间减灾研究进展, 并以滑坡为例, 阐述了新技术支持下的空间减灾科技服务。推动“一带一路”沿线国家的防灾减灾工作不仅有助于加强丝路科技创新合作, 还有助于加强国家外交战略互信, 保障人民的生命财产安全。

关键词 一带一路; 自然灾害; 对地观测; 可持续发展

“一带一路”倡议是习近平总书记在2013年提出的“丝绸之路经济带战略构想”和“21世纪海上丝绸之路经济带战略构想”的简称, 旨在促进各国加强合作交流, 共同发展, 达到互利共赢的局面。“一带一路”区域是全球自然灾害的多发区, 频发的灾害对丝路人民的生命、财产安全造成了严重威胁。防灾减灾是联合国可持续发展目标(SDGs)实现的关键内容, 而科技创新支撑下的丝路防灾减灾, 不但可以推动减灾科学合作和数据共享, 更为丝路可持续发展目标的实现做出实质贡献。目前, 针对“一带一路”灾害分布、新型灾害风险防范、丝

路防灾减灾协同合作机制的研究已部署开展^[1-3], 秉承对地观测技术相对传统观测手段在信息获取方面快速、准确、宏观的特点, 空间减灾技术以其全天候、全天时、多角度、高效率的优势, 可在“一带一路”减灾领域发挥不可替代的作用。

1 全球对地观测技术发展

1962年, 遥感技术的诞生为人类对全球范围开展对地观测奠定了基础^[4], 使得从空间角度分析地球系统演变的科学问题成为可能, 并为后续的空

收稿日期: 2019-07-22; 修回日期: 2020-03-22

基金项目: 中国科学院国际合作局对外合作重点项目(131551KYSB20160002, 131211KYSB20170046); 国家自然科学基金项目(41871345)

作者简介: 于博, 副研究员, 研究方向为灾害遥感图像处理, 电子信箱: yubo@radi.ac.cn; 陈方(通信作者), 研究员, 研究方向为灾害遥感, 电子信箱: chenfang@radi.ac.cn

引用格式: 于博, 陈方, 杨阿强. “一带一路”空间减灾研究与发展[J]. 科技导报, 2020, 38(16): 53-57; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.16.006

间技术发展提供了强大的推动力^[5]。当前,全球对地观测卫星传感器的发展极为迅速,多光谱、高光谱、激光雷达、合成孔径雷达等多源传感器的协同观测,提供了大量丰富、详实的地球观测数据^[6-8]。卫星影像的成像分辨率也在不断提高,例如,光学影像的空间分辨率已经从 Landsat 卫星^[9]和 SPOT 卫星^[10]等的米至千米级分辨率发展到 IKONOS^[11]、QuickBird^[12]和 GEOEye 卫星^[13]等的亚米级分辨率。雷达影像也从最早的 SEASAT 卫星^[14]的单极化方式发展到 ALOS^[15]、ENVISAT^[16]等多颗雷达卫星的多极化方式,而且相对测高精度也从 10 m 级发展到米级。

参照国际卫星对地观测委员会(Committee on Earth Observation Satellites, CEOS)记载的全球卫星发射统计数据^[17],1962—2012年,全球范围共发射了320多颗对地观测卫星^[18],观测范围包括大气、海洋和陆地等地球系统。其中,美国发射的对地观测卫星数目最多,达到50多颗。俄罗斯、法国、意大利和德国等欧洲国家以及位于亚洲的中国和印度都是卫星发射大国,发射的卫星数目均超过25颗,并且都在最近10年发射任务比较频繁,对地观测技术快速发展。目前,已经有13个欧洲国家自主拥有对地观测卫星,加拿大和巴西等国家发射了5~25颗卫星。然而,当前拥有对地观测卫星的发展中国家较少,例如非洲,只有南非、尼日利亚等极少数国家拥有卫星。可以说,“一带一路”沿线国家的对地观测技术发展极不平衡,存在显著的对地观测数据鸿沟。

2 “一带一路”对地观测减灾服务

“一带一路”沿线区域涵盖60多个国家,具有高山、丘陵、高原和沙漠等多种地物类型,气候条件复杂多变。“一带一路”沿线是全球因灾害损失最严重的区域之一^[2],地震、干旱、海啸、滑坡、泥石流和森林火灾等自然灾害频发。在自然因素和经济供给匮乏的综合作用下,许多国家的防灾减灾能力和经验尚不足,灾害一旦发生常会造成严重损失。

目前,基于国产高空间分辨率卫星,通过多尺

度土地利用类型、地形起伏、地质条件和植被等关键环境要素的提取,中国建设了“一带一路”成灾环境背景数据库及共享平台,并用于“一带一路”沿线地质灾害遥感调查以及灾害承载体分布评估^[19]。2018年,在中国科学院“地球大数据科学工程”专项部署下,以全球灾害数据库(EM-DAT)、瑞士再保险公司、慕尼黑再保险公司、联合国开发计划署(UNDP)Desinventar数据库、联合国减灾网(Reliefweb)和亚洲减灾中心(ADRC)灾害报道数据为数据源,通过卫星观测及语义分析结合,建立了近40年“一带一路”灾害信息时空变化数据库,并已服务于泰国、巴基斯坦、意大利、俄罗斯等8个“一带一路”国家的减灾科技支撑。在国际上,Tsydyppov等^[20]基于TRMM降水遥感数据获取了“一带一路”北纬50°以南地区的月干旱水平时空分布信息,发现1998—2015年“一带一路”沿线国家发生干旱的总面积以每年4.0260万km²的速度减少,东亚和南亚在冬季发生干旱的频率较高,中亚和西亚在夏季发生干旱的频率较高。Nadim等^[21]基于全球气候、地震和地形数据构建了全球滑坡风险地图。Petley分析了全球因滑坡而死亡的人口地理分布趋势^[22],发现死亡人口主要集中在亚洲,尤其在中国和喜马拉雅弧线地带。裴艳茜等^[23-24]结合地形、地震和降雨等信息,并基于分析模型分别对中巴经济走廊和“一带一路”地区地质灾害风险做了相应的分析、评估,为“一带一路”沿线国家的防灾减灾工作提供了数据支撑。

随着“一带一路”建设的实施,“一带一路”空间减灾合作工作正蓬勃开展。2013年,中国科学院成立了“中国科学院-发展中国家科学院空间减灾卓越中心”(CAS-TWAS SDIM),通过对地观测数据共享与科技合作,为“一带一路”发展中国家提供空间减灾科学合作研究示范、应用培训、技术转移、人才基地建设、战略研究和咨询,通过多渠道的国际合作促进了“一带一路”发展中国家空间减灾综合研究能力的提升^[25]。2014年,中国与印尼海上安全机构合作新建和改造的遥感地面站以及数据显示中心,通过接收和存储中国气象遥感卫星数据,有效服务海上溢油监控、近海船只管理和海洋气象

监控等工作,大幅推动中国和印尼政府在监测马六甲海峡航道方面的战略合作^[26]。

3 新技术发展下的空间减灾科技服务

滑坡是“一带一路”沿线国家发生的主要自然灾害之一,在全球导致人类死亡的自然灾害中位列第三,造成房屋掩埋、公路和铁路等基础设施冲断,以及堵塞河流、导致堰塞湖险情等众多危害^[27-28]。传统的实地勘测和现场调查,可获取高准确度和置信度的滑坡灾害信息,但是由于滑坡发生的地形条件大多较为复杂,且覆盖范围广,实地调查的方法很难在短时间内有效获取大范围滑坡灾害信息^[29-31]。遥感滑坡体的识别多集中于植被背景下发生的山体滑坡^[32],主要根据滑坡发生后滑坡壁、滑坡堆积体和滑坡边界3类地形要素,在影像的光谱和纹理特征及数字高程模型(DEM)数据中所呈现的特征对滑坡进行提取^[33]。然而,随着卫星影像时间和空间分辨率的提高,海量遥感数据处理分析对计算机的运算能力要求也越来越高,在滑坡遥感分析研究中,较高时空分辨率的大尺度滑坡制图与分析常需要几天甚至数周的时间才能完成。

当前,地球大数据技术发展迅速。例如,美国谷歌公司开发了专门处理海量卫星图像和其他地球观测数据的云计算平台 Google Earth Engine (GEE),该平台存储了公开可用的全球尺度上近40年的遥感影像(Landsat、Modis、Sentinel等)和其他数据的PB级存档,优化了用于地理空间数据并行处理的计算基础架构。2019年,中国科学院发布了“地球大数据共享服务平台”,该平台以共享方式为全球用户提供系统、多元、动态、连续并具有全球唯一标识规范化的地球大数据,通过建立数据、计算与服务为一体的数据共享系统,推动形成地球科学数据共享新模式。基于地球大数据平台,国内外已经开展了系列遥感分析研究^[34-36]。针对滑坡信息分析,利用 Google Earth Engine 平台,于博等^[32]通过指数排序构建了30 m分辨率长时序 Landsat 年度合成数据,并通过纹理特征构建随机森林模型,通过检测相邻时序图像的变化,实现了尼泊尔中部

地区滑坡事件的大尺度提取。

同时,机器学习是实现人工智能的一种科学方式,在滑坡提取研究中,为提高滑坡提取效率,大量研究人员已致力于引入机器学习方法,结合滑坡在遥感影像中的光谱和纹理特征,研究自动或者半自动的滑坡提取方法^[37]。例如,陈方等^[38]以尼泊尔全国范围为研究区,通过影像增强对滑坡潜在区提取,并基于随机森林结构,构建了以潜在区连通区为单位的滑坡提取模型。该模型通过数字高程模型,利用卷积运算计算每个像素的梯度,以利用坡度信息去除作为背景地物的平坦区域。同时,通过对影像进行二值化运算,提取可能包含滑坡的连通区,并基于每一个连通区计算纹理特征和光谱特征,进而构建随机森林模型,实现对各连通区的滑坡分类判断。可以说,地球大数据技术的发展为“一带一路”大尺度滑坡信息的有效快速获取提供了新的解决途径。

4 结论

当前,尽管“一带一路”沿线自然灾害频发已成为各国面临的共性难题,对“一带一路”建设和区域可持续发展带来极大挑战。但“一带一路”沿线各国灾害风险管理发展水平不一,且多处于独立运行状态,尚未形成丝路减灾合作网络,特别是灾害风险综合信息、减灾技术难以得到充分共享,很大程度上影响了各国减灾和跨国自然灾害应对的实际效果。应对灾害,“一带一路”国家在经济发展、社会进步、科技发展等方面都迫切需要合作研究及信息共享,尤其对“一带一路”发展中国家而言,减灾无国界,数据开放共享、地球大数据等当代高科技手段的协同创新减灾合作是保障各国民众有效应对灾害、降低风险、共同受益的基础。

参考文献(References)

- [1] 范一大. “一带一路”战略减灾合作研究[J]. 中国减灾, 2015(9): 44-49.
- [2] 高中华. “一带一路”发展战略与国际减灾合作[J]. 中国

- 减灾, 2015(9): 22-23.
- [3] 许闲. “一带一路”战略下的区域间防灾减灾合作[J]. 上海保险, 2016(7): 34-35.
- [4] Fu W, Ma J, Chen P, et al. Remote sensing satellites for digital earth[M]. Singapore: Springer Singapore, 2020: 55-123.
- [5] Amade N, Painho Moliveira T. Geographic information technology usage in developing countries—A case study in Mozambique[J]. *Geo-spatial Information Science*, 2018, 21(4): 331-345.
- [6] Jensen J R. Remote sensing of the environment: An earth resource perspective[M]. India: Pearson Education, 2009.
- [7] Schowengerdt R A. Remote sensing: Models and methods for image processing[M]. Amsterdam: Elsevier, 2006.
- [8] Weng Q. Advances in environmental remote sensing: Sensors, algorithms, and applications[M]. Boca Raton: CRC Press, 2011.
- [9] Woodcock C E, Allen R, Anderson M, et al. Free access to Landsat imagery[J]. *Science*, 2008, 320(5879): 1011-1011.
- [10] Doxaran D, Froidefond J M, Lavender S, et al. Spectral signature of highly turbid waters: Application with SPOT data to quantify suspended particulate matter concentrations[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 81(1): 149-161.
- [11] Dial G, Bowen H, Gerlach F, et al. IKONOS satellite, imagery, and products[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 88(1/2): 23-36.
- [12] Castillejo-González I L, López-Granados F, García-Ferrer A, et al. Object- and pixel-based analysis for mapping crops and their agro-environmental associated measures using QuickBird imagery[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2009, 68(2): 207-215.
- [13] Fraser C S M. Georeferencing accuracy of GeoEye-1 imagery[J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2009, 75(6): 634-638.
- [14] Gerling T. Structure of the surface wind field from the Seasat SAR[J]. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 1986, 91(2): 2308-2320.
- [15] Baghdadi N, Boyer N, Todoroff P, et al. Potential of SAR sensors TerraSAR-X, ASAR/ENVISAT and PAL-SAR/ALOS for monitoring sugarcane crops on Reunion Island[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2009, 113(8): 1724-1738.
- [16] Solberg A H, Brekke C P O. Oil spill detection in Radar-sat and Envisat SAR images[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2007, 45(3): 746-755.
- [17] The Committee on Earth Observation Satellites (CEOS). The Earth observation handbook[M]. United Kingdom: Symbios Spazio Ltd., 2012.
- [18] 郭华东, 陈方, 邱玉宝. 全球空间对地观测五十年及中国的发展[J]. 中国科学院院刊, 2013, 28(21): 1-10.
- [19] 崔鹏, 苏凤环. 国产高分辨率卫星在“一带一路”自然灾害风险管理中的应用[J]. 卫星应用, 2016(10): 8-11.
- [20] 柏永青, 王卷乐, 王玉洁, 等. 基于TRMM降水数据的1998—2015年“一带一路”干旱时空分布[J]. 资源与生态学报, 2017, 8(6): 559-570.
- [21] Nadim F, Kjekstad O, Peduzzi P, et al. Global landslide and avalanche hotspots[J]. *Landslides*, 2006, 3(2): 159-173.
- [22] Petley D. Global patterns of loss of life from landslides[J]. *Geology*, 2012, 40(10): 927-930.
- [23] 裴艳茜, 邱海军, 胡胜, 等. “一带一路”地区滑坡灾害风险评估[J]. 干旱区地理, 2018, 41(6): 85-100.
- [24] 裴艳茜, 邱海军, 胡胜, 等. 中巴经济走廊地质灾害敏感性分析[J]. 第四纪研究, 2018, 38(6): 1369-1383.
- [25] CAS-TWAS空间减灾卓越中心[J]. 中国科学院院刊, 2017, 32(增刊2): 105-107.
- [26] 陈旭光, 高浩, 林墨, 等. 卫星应用筑梦“一带一路”[J]. 卫星应用, 2015(8): 27-30.
- [27] Guha-Sapir D, Below R, Hoyois P. EM-DAT: The CRED/OFDA international disaster database[Z]. Université Catholique de Louvain, 2016.
- [28] Martinez J. Detection of landslides by object-oriented image analysis[M]. Enschede: University of Twente, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, 2011.
- [29] Ciampalini A, Raspini F, Bianchini S, et al. Remote sensing as tool for development of landslide databases: The case of the Messina Province (Italy) geodatabase[J]. *Geomorphology*, 2015(249): 103-118.
- [30] Niu R, Wu X, Yao D, et al. Susceptibility assessment of landslides triggered by the Lushan earthquake, April 20, 2013, China[J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2014, 7(9): 3979-3992.
- [31] Gorum T, Fan X, Van W C, et al. Distribution pattern of earthquake-induced landslides triggered by the 12 May 2008 Wenchuan Earthquake[J]. *Geomorphology*, 2011(133): 152-167.

- [32] Yu B, Chen F, Muhammad S. Analysis of satellite-derived landslide at Central Nepal from 2011 to 2016[J]. *Environmental Earth Sciences*, 2018, 77(9): 331.
- [33] 王治华. 滑坡图像自动识别浅议[J]. *地球信息科学学报*, 2013, 5(15): 726-733.
- [34] Dong J, Xiao X, Menarguez M A, et al. Mapping paddy rice planting area in northeastern Asia with Landsat 8 images, phenology-based algorithm and Google Earth Engine[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2016(185): 142-154.
- [35] Hansen M C, Potapov P V, Moore R, et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change[J]. *Science*, 2013, 342(6160): 850-853.
- [36] Padarian J, Minasny B, McBratney A B. Using Google's cloud-based platform for digital soil mapping[J]. *Computers & Geosciences*, 2015(83): 80-88.
- [37] Chen F, Yu B, Xu C, et al. Landslide detection using probability regression, a case study of Wenchuan, northwest of Chengdu[J]. *Applied geography*, 2017(89): 32-40.
- [38] Chen F, Yu B, Li B. A practical trial of landslide detection from single-temporal Landsat8 images using contour-based proposals and random forest: A case study of national Nepal[J]. *Landslides*, 2018, 15(3): 453-464.

The research and development of spatial hazard reduction in the Belt and Road initiative

YU Bo¹, CHEN Fang^{1,2,3*}, YANG Aqiang¹

1. Key Laboratory of Digital Earth Science, Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China
3. Hainan Key Laboratory of Earth Observation, Sanya 572029, China

Abstract The Belt and Road Initiative is proposed to promote mutual development and enhance cooperation to achieve the result of 'all win'. However, due to the complicated geographical environment and various climatic conditions of all the countries along the Belt and Road regions, frequent natural hazards are threatening human lives and property. Therefore, measures of hazard reduction for the countries along the Belt and Road regions will not only help strengthen the Silk Road's scientific and technological innovation cooperation, but also strengthen mutual trust in national diplomatic strategies and ensure the safety for people's lives and property. This paper discusses the hazard reduction of the Belt and Road countries in the support of the ground observation technology, and the technology improvement of the global spatial technology, as well as the role that the new technology plays in the hazard reduction from the perspective of landslides.

Keywords the Belt and Road; natural hazard; ground observation; sustainable development ●



(责任编辑 徐丽娇)