

基于地面信息港的灾害遥感应用服务初探

胡 桥, 郑作亚, 柳 翌, 仇林遥, 吴彦锋

(中国电子科技集团有限公司电子科学研究院, 北京 100041)

摘 要: 针对灾害应急中遥感影像数据体量大、共享程度低、信息处理难、应用系统功能单一等问题, 介绍天地一体化信息网络地面信息港的主要功能及技术架构, 分析基于地面信息港开展灾害遥感应用服务在平台、算法和应用系统建设等方面的优势, 探讨基于地面信息港的灾害遥感应用服务的潜力, 为进一步拓展地面信息港对其他应用领域中多源、高维、异质和复杂关联的对地观测数据开展智能处理算法研究与处理模式研究提供参考, 从而促进地面信息港服务能力的提升, 以形成新的信息服务模式和产业链。

关键词: 地面信息港; 灾害遥感; 微服务; 机器学习

中图分类号: TN393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-8930.20200217

Discussion on Disaster Remote Sensing Application Service Based on Ground Information Port

HU Qiao, ZHENG Zuoya, LIU Gang, QIU Linyao, WU Yanfeng

China Academy of Electronic and Information Technology, Beijing 100041, China

Abstract: Aim at the problems of large volume and low degree of sharing of remote sensing data, high complexity of algorithm model and single function of disaster response application system, the main functions and technical framework of GIP, as well as the advantages and potential of GIP in platform, algorithm and application system was introduced. It provided a reference for further mining the research of new intelligent processing algorithm and processing mode for multi-source, high-dimensional, heterogeneous and complex associated earth observation data in other application fields with GIP, so as to promote the service ability and form a new information service mode and industrial chain of the GIP.

Keywords: ground information port, disaster remote sensing, micro-service, machine learning

1 引言

在新形势、新常态下, 如何破解自然灾害风险加剧、灾害损失与影响多元化、防灾减灾救灾工作难度加大等问题是灾害管理亟待解决的难题^[1]。遥感信息作为社会经济发展中的重要战略资源, 是灾害风险防范及灾害治理工作的基础信息, 强有力地支撑了灾害监测评估、应急响应和指挥决策等防灾减灾救灾现代化建设^[2]。然而现阶段, 包含遥感信息在内的空间信息服务均面临着数据资源管理分散、信息共享程度低、平台架构兼容性差、应用体系不健全、产业应用生态未形成、服务能力待提高等共性问题^[3-5]。在灾害遥感数据获取方面, 支持开放获取的影像资源难以满足重特大灾害发生后第

一时间实现核心灾情要素提取的时效性要求。在灾害遥感处理方面, 由于不同算法开发语言及功能接口匹配的差异性, 导致对遥感数据开展流程化处理的时效性大大降低^[2]。在灾害遥感应用系统方面, 尽管现阶段已开发了一批面向不同灾种、针对不同灾害的遥感应用系统, 大大促进了灾害遥感应用水平, 但这些系统品类繁杂、平台架构迥异, 应用功能单一, 无法支撑多源数据管理、数据处理、灾害应急监测、灾害风险评估、灾情信息挖掘、恢复重建规划与评估等灾害遥感应急全过程服务^[4]。针对上述问题, 李德仁^[3]认为解决问题的关键是要搭建一个拥有统一系统架构、完整技术体系、多样化应用服务的开放性空间信息服务平台, 该平台作为时空信息服务

的枢纽,通过构建分布式云设施来实现对多源异构的时空大数据的汇聚与处理,以此来提升新型时空信息服务的能力,从而支撑灾害遥感系列服务产品的流程化生产及社会化应用。

地面信息港作为天地一体化信息网络地基节点网的重要节点,是以遥感、地理信息、综合PNT、网络通信等时空数据为支撑,按照标准统一的方法,整合多源异构的空间信息大数据,并融合封装了数据处理、空间分析、信息挖掘、目标分类等系列算法,支持在实现数据统一存管的基础上针对不同应用服务进行模块化定制^[5-6]。通过对地面信息港中数据存储库、算法模块库的访问,能够调配集中管理的数据资源和算法资源,从而打通从数据、算法到平台、产品、服务的全链路应用,为灾害相关数据的管理、遥感数据处理算法的集成以及面向不同灾害易发性评估等典型应用的遥感服务产品的生产提供数据、算法、平台、产品和服务支撑^[7]。

2 地面信息港

随着电子和航天技术的飞速发展,作为具有战略意义的国家信息基础设施,天地一体化信息网络是以地面网络为依托、天基网络为拓展,采用统一的技术架构、技术体制、标准规范将陆基、海基、空基网络连接起来,实现地球近地空间中陆、海、空、天各类用户与应用系统之间信息的高效传输与共享应用。地面信息港作为天地一体化信

息网络应用服务的重要载体,能够衔接信息资源与用户需求,为多源数据处理与加工提供支撑环境^[8]。如图1所示,地面信息港的架构主要包括公共基础设施、时空数据存管平台、服务集成开放平台和业务应用系统4方面。

2.1 公共基础设施

公共基础设施由高性能计算服务器、高性能存储服务器以及高性能控制服务器构成,依托天基信息网络和地面互联网,为空间信息服务提供跨域的计算存储集群。通过采用软件定义计算、存储、网络等手段,提取所有硬件资源并将其汇集成为资源池,进而形成虚拟的基础设施层,支持安全高效自动地为应用按需分配资源,最终形成灵活、弹性、高效、可靠的计算环境,为地面信息港中的多源时空数据在遥感、测绘、导航、侦查等领域的综合应用提供计算、存储、网络支撑^[6]。

2.2 时空数据存管平台

多源时空数据是地面信息港的内生价值资源,时空数据存管平台主要用于多源时空数据的接入、预处理以及数据存储等功能,在此基础上统一实现基础地理信息数据、对地观测数据、导航与授时数据、专题库数据等多源信息的组织和运用,并对多源时空数据进行有效集成与融合。基于时空数据存管平台,地面信息港能够利用各种软硬件资源以及相关虚拟化技术实现对与灾害相

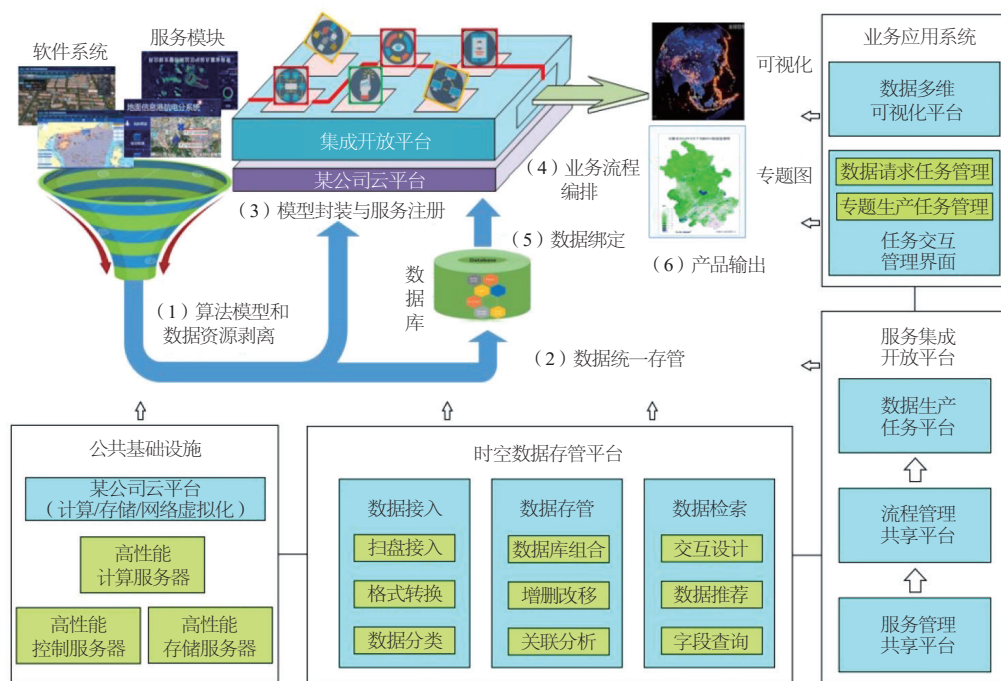


图1 地面信息港的服务架构及核心内涵

关的各种遥感数据产品的存储、备份、计算、迁移、交换和共享^[5-6, 9]。

2.3 服务集成开放平台

服务集成开放平台是对各类应用业务中共用性、支撑性组件的标准化封装,以实现服务与应用的分离,为上层业务应用系统提供服务总线、支撑服务、模型算法库、集成开发环境及可视化系统,从而实现统一、高效的数据和应用服务支撑^[5-6, 10]。基于服务集成开放平台,可以按照标准接口对相关应用服务进行定制与集成,从综合防灾减灾的核心业务——灾害监测、房屋倒损、生命线损毁评估、灾情预评估、信息采集与协同、研判会商和灾情综合评估等方面为减灾业务应用提供算法、产品等支撑。

2.4 业务应用系统

业务应用系统是基于时空数据存管平台对多数据源、多时相时空信息的统一组织、存储、处理和管理,在组合服务集成管理平台中不同模块、算法以及通用服务的基础上,按照行业用户的应用需求,以定制的方式形成包括灾害评估、自然资源监测、海洋信息管理、综合PNT服务、智慧旅游等业务在内的应用系统。

总体而言,地面信息港的核心观点是消除空间信息服务的“烟囱”现象,按照标准统一的方法,对算法模型和数据资源进行剥离,一方面实现数据的统一存管,另一方面实现服务的模块化。在高性能计算平台的支撑下,以业务需求为导向,编排与业务相关的工作流程,并通过与业务相关数据资源的绑定,最终形成业务产品的输出。

3 基于地面信息港的灾害遥感典型应用

地面信息港作为一种新型时空信息服务体系,其包含的多源数据、微服务算法模型、高性能计算平台,能够支撑时空信息的共享、分发和多样化、定制化应用。下面以灾害遥感应用为例,探讨地面信息港在灾害遥感应急服务中的应用潜力。

3.1 基于地面信息港的机器学习模型算子流构建

地面信息港中对常用的机器学习模型算法进行了封装,并支持对基于机器学习模型开展灾害遥感应用服务的工作流进行特需定制,通过对定制好的机器学习模型算子流的调用,更改算子流输入端的数据类型,就可以实现不同应用服务产品的自动化定制生成。

在地面信息港中搭建的机器学习模型预测算子流主要包含模型的训练、预测以及验证3个阶段(如图2所示)。在模型训练阶段,以准备好的训练样本集作为模型的输入,然后通过机器学习模型的运算,评价机器学习模型的训练精度,在此基础上进行模型参数调整以及超参数优化,从而使训练后的模型具有较好的泛化能力,在对未知样本进行预测时既不“过拟合”也不“欠拟合”。在模型预测阶段,在训练后的机器学习模型中对事先准备好的预测样本集进行预测应用,并写入相应的预测结果。在模型验证阶段,以事先准备的额外的验证样本数据集,来检验模型在预测应用阶段中对未知样本的预测精度。此外,地面信息港中提供的算子服务还可以通过具体算法模块进行替换、更新,从而实现多种不同机器学习模型算法预测性能的对比分析,以通过

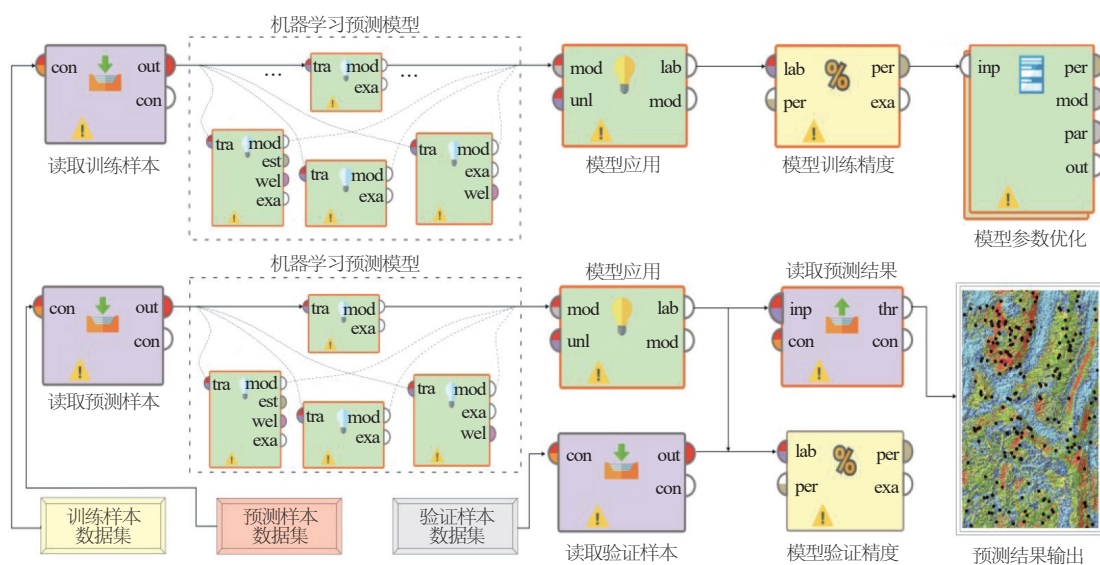


图2 基于地面信息港的机器学习模型微服务算子流

模型优选的方式遴选出预测性能最好的机器学习模型开展应用研究。

3.2 基于地面信息港的滑坡易发性评估

地质灾害易发性评估作为地质灾害评价的基础环节，是一项能在地质灾害发生之前起到有效防灾减灾的重要措施^[11]。依托地面信息港的空间信息微服务管理平台，以九寨沟震区的地质灾害易发性评估为例，参照3.1节中搭建的机器学习模型预测算子流，来实现整个滑坡易发性评估过程中的数据处理和模型计算，从而实现对整个空间上的滑坡易发性指数的计算。

对于滑坡易发性指数计算的结果，结合地面信息港可视化演示系统，将由机器学习模型计算得到的连续型滑坡易发性指数转换为离散型分类结果，即根据解算的滑坡易发性指数将整个研究区划分为极高易发性（VHS）区域、高易发性（HS）区域、中等易发性（MS）区域、低易发性（LS）区域和极低易发性（VLS）区域5个部分（如图3所示），从而保障生产出的滑坡易发性评估产品在工程应用中的可读性。

另外，通过地面信息港可视化系统中的“卷帘”功能，对比分析不同时相的遥感影像，并结合人机交互的方式对滑坡易发性评估中高风险区的地质灾害隐患情况、典型建筑设施情况、村落分布情况进行针对性的分析，以实

现对未来灾害发生后的经济损失进行预判、规避。

3.3 基于地面信息港的灾害体目标智能识别

滑坡等地质灾害往往具有突发性强、预报和防御难度大等特点，快速获取滑坡等地质灾害的灾情信息，对灾后救援、灾害应急及重建规划具有十分重要的意义。随着遥感技术、空间技术、计算机技术的飞速发展，基于遥感技术的地质灾害快速识别和检测逐步向自动化、智能化方向发展。灾后高分辨率遥感影像的精细化分类、多时相遥感数据的变化检测，已逐步成为当前遥感技术应用于灾害应急的主要手段^[12-13]。面对灾害应急的时效性需求，考虑到灾害发生时能获取到的影像数据资源的有效性，地面信息港提供了针对高分辨率、中分辨率以及低分辨率遥感图像的灾害体目标智能识别服务。根据不同分辨率的影像数据定制相应的滑坡灾害体识别算法服务，能够第一时间获取灾害现场的灾情信息，从而支撑灾害发生后短时间内的应急决策。

对于低分辨率图像，可调用地面信息港空间信息微服务管理平台中的“色彩空间变换”算法和“阈值判断”算法进行组合处理，将待处理的图像资源进行色彩空间转换（由R/G/B转换到L/A/B），然后通过阈值的设定实现滑坡的智能识别。对于中分辨率影像资源，采用面向像元的分类方法，引接地面信息港中的多源遥感

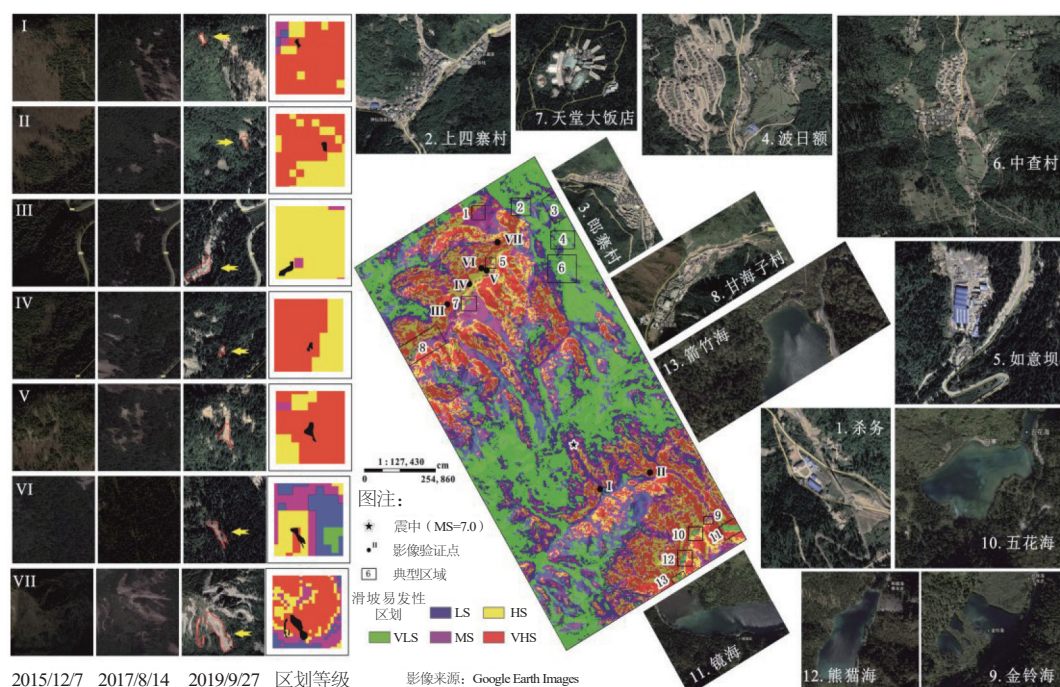


图3 基于地面信息港定制生产的滑坡易发性评估服务产品

数据进行滑坡识别特征的预先提取，并依据建立的滑坡地质灾害目标分类的特征库信息，参照图2中搭建的机器学习模型预测算子流进行滑坡像元的自动识别。对于高分辨率遥感影像，依托地面信息港拥有的高性能计算云平台，直接将预先训练好的深度学习模型（U-Net模型）应用于未知对象的滑坡预测中，可以解决高分辨率遥感影像处理慢的难题，大大压缩了灾害发生后现场灾情信息获取的时间（如图4所示）。

4 结束语

地面信息港是基于天基信息网络的重要空间信息服务枢纽，也是实现网络信息增值服务的重要平台。地面信息港中的公共基础设施、时空数据存管平台、服务集成开放平台和业务应用系统为灾害遥感的应用服务提供了重要的技术支撑。基于地面信息港，可以实现遥感数据支撑下的灾害信息提取与相关部门应急业务的充分融合，从而构建紧密衔接的应急综合分析辅助决策技术

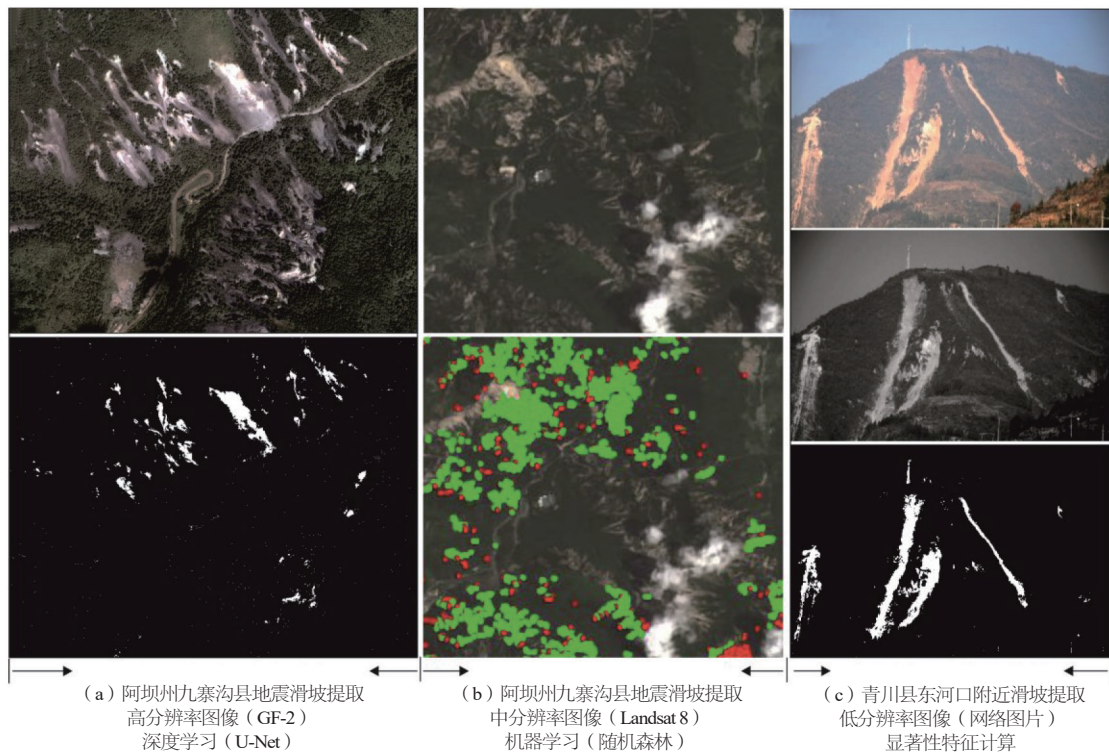


图4 基于地面信息港的灾害体目标智能识别

3.4 基于地面信息港的承灾体目标智能识别

承灾体是构成复杂地球表层异变系统的重要部分，灾情是孕灾环境、致灾因子和承灾体相互作用的产物^[14]。房屋建筑、道路交通是最典型的承灾体目标，重特大灾害的发生通常会造成灾区大量建筑物倒塌和道路损毁。灾害发生后，对灾后房屋损毁信息及道路损毁信息进行快速提取，是评价灾害严重程度的重要环节，对灾后评估和应急救援具有重要意义^[15-16]。在地面信息港中，为了满足应急救援的迫切需要，地面信息港将房屋、道路作为特别关注的两类承灾体目标，对用于遥感图像处理、倒塌房屋识别、道路交通阻断信息提取的功能算法及相关服务进行提前封装与定制，一旦灾后第一时间内获取到灾害现场的遥感影像，就可以在地面信息港中完成房屋、道路损毁信息的快速提取，从而生成灾害现场灾情信息的遥感产品，如图5所示。

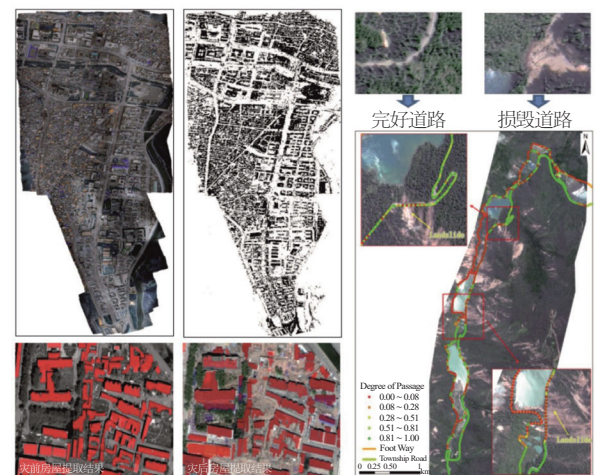


图5 基于地面信息港的承灾体目标智能识别

体系,为决策部门救灾、处置方案提供有针对性、客观合理的综合信息服务。未来,随着地面信息港建设的不断推进,地球观测形成的空间大数据以及用于对空间大数据进行处理计算的各式模型算法,均可以依托地面信息港按照统一的标准架构进行集成与应用,从而为包含灾害应急在内的各类用户提供多源空间数据的统一存储与管理、专业处理、融合共享,定制化、综合化的信息应用服务。

参考文献:

- [1] 范一大, 吴玮, 王薇, 等. 中国灾害遥感研究进展[J]. 遥感学报, 2016, 20(5): 1170-1184.
FAN Y D, WU W, WANG W, et al. Research progress of disaster remote sensing in China[J]. Journal of Remote Sensing, 2016, 20(5):1170-1184.
- [2] 刘三超, 范一大, 高懋芳. 遥感数据在自然灾害救助中的应用[J]. 航天器工程, 2012, 21(6): 136-141.
LIU S C, FAN Y D, GAO M F. Application of remote sensing data in natural disaster relief[J]. Spacecraft Engineering, 2012, 21(6):136-141.
- [3] 李德仁. 建设天基信息实时服务系统的设想[J]. 人民论坛, 2017b, 561(18): 26-27.
LI D R. The idea of building a space-based information real-time service system [J]. People's Forum, 2017b, 561(18): 26-27.
- [4] 范一大. 防灾减灾空间信息服务的思考[J]. 中国减灾, 2013(9): 8-13.
FAN Y D. Thinking on spatial information service of disaster prevention and mitigation[J]. Disaster Reduction in China, 2013 (9): 8-13.
- [5] 郑作亚, 仇林遥, 潘一凡, 等. 基于天基信息网络的地面信息港系统架构及服务模式研究[J]. 中国电子科学研究院学报, 2019, 14(7): 677-683.
ZHENG Z Y, QIU L Y, PAN Y F, et al. Research on the architecture and service mode of ground information port system based on space-based information network[J]. Journal of Chinese Academy of Electronic Sciences, 2019, 14(7): 677-683.
- [6] 周彬, 郑作亚, 仇林遥, 等. 地面信息岗内涵外延研究[J]. 天地一体化信息网络, 2020, 1(1): 85-89.
ZHOU B, ZHENG Z Y, QIU L Y, et al. Research on the connotation, denotation of the ground information port[J]. Spaced-Integrated-Ground Information Networks, 2020, 1(1): 85-89.
- [7] 柳翌, 陆洲, 胡金晖, 等. 基于云架构的天基信息应用服务系统设计[J]. 中国电子科学研究院学报, 2018, 13(5): 526-531.
LIU G, LU Z, HU J H, et al. Study on the spatial information service system based on cloud architecture[J]. Journal of Chinese Academy of Electronic Sciences, 2018, 13(5): 526-531.
- [8] 陆洲. 天地一体化信息网络总体架构设想[C]//第十二届卫星通信学术年会论文集, 北京:[出版者不详], 2016: 1-11.
LU Z. Tentative ideas on the overall architecture of the integrated information network between heaven and earth[C]// Proceedings of the 12th Annual Academic Conference on Satellite Communications, [S.l.:s.n.], 2016: 1-11.
- [9] 李斌, 刘乘源, 章宇兵, 等. 天基信息港及其多源信息融合应用[J]. 中国电子科学研究院学报, 2017, 12(3): 251-256.
LI B, LIU C Y, ZHANG Y B, et al. Space-based information port and its multi-information fusion application[J]. Journal of Chinese Academy of Electronic Sciences, 2017, 12(3): 251-256.
- [10] 杨海涛. 天基信息服务体系技术研究[J]. 装备学院学报, 2015 (3): 62-62.
YANG H T. Research on space-based information service system technology[J]. Journal of Equipment College, 2015 (3): 62-62.
- [11] 黄润秋, 向喜琼, 巨能攀. 我国区域地质灾害评价的现状和问题[J]. 地质通报, 2004, 23(11): 1078-1082.
HUANG R Q, XIANG X Q, JU N P. Assessment of China's regional geohazards: Present situation and problems[J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(11): 1078-1082.
- [12] 梁万杰. 滑坡、泥石流地质灾害评价方法研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
LIANG W J. Study on assessment methodology of landslide and debris flow geological hazards[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012.
- [13] 王赛. 基于多源遥感数据的汶川地震型滑坡信息提取研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2015.
WANG S. Research on earthquake-induced landslide extraction form multi-source remote sensing data in the Wenchuan[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2015.
- [14] 史培军. 灾害研究的理论与实践[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1991, 11: 37-42.
SHI P J. On the theory of disaster research and its practice[J]. Journal of Nanjing University(Natural Sciences), 1991, 11:37-42.
- [15] 杨宝林. 面向救援服务的道路阻断信息提取技术研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2019.
YANG B L. Research on road blockage information extraction technology for rescue service[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2019.
- [16] 张锐. 面向应急救援的房屋损毁高分辨率遥感信息提取技术研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2019.

ZHANG R. Research on high-resolution remote sensing information extraction technology of house damage for emergency rescue[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2019.

[作者简介]



胡桥（1992-），男，博士，中国电子科技集团有限公司电子科学研究院工程师，主要研究方向为天基信息系统、空间信息服务与应用。



郑作亚（1978-），男，博士，中国电子科技集团有限公司电子科学研究院研究员，主要研究方向为卫星导航与定位、空间信息服务、卫星应用等。



柳翌（1986-），男，博士，中国电子科技集团有限公司电子科学研究院高级工程师，主要研究方向为天基信息系统、空间信息服务与应用。



仇林遥（1988-），男，博士，中国电子科技集团有限公司电子科学研究院高级工程师，主要研究方向为天基信息系统、空间信息服务与应用。



吴彦锋（1991-），男，硕士，中国电子科技集团有限公司电子科学研究院工程师，主要研究方向为天基信息系统、空间信息服务与应用。