

李建,韩立.基于可视化遥感的地震大区域灾情收集系统[J].地震工程学报,2019,41(2):520-525.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2019.02.520

LI Jian, HAN Li. A Disaster Information Collection System Based on Visualization Remote Sensing Technology in Earthquake Areas[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2019, 41(2): 520-525. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2019.02.520

基于可视化遥感的地震大区域灾情收集系统

李 建¹, 韩 立^{2,3}

(1. 重庆工程职业技术学院地质与测绘工程学院, 重庆 402260; 2. 成都理工大学生态资源与景观研究所, 四川 成都 610059; 3. 成都理工大学国家环境保护水土污染协同控制与联合修复重点实验室, 四川 成都 610059)

摘要:地震现场与一般灾害现场不同,其受灾区域较大,常规的基于遥感信息进行灾情收集时,采集信息零散混乱无法形成可视化直观分析结果。为解决该问题,设计基于可视化遥感技术的地震大区域灾情收集系统,利用遥感信息采集大区域的优势,配合设计网络通信层、数据收集层、数据库层、GIS 遥感平台层和应用层组成的系统硬件,采用 GIS 三维重构技术,对灾情进行可视化呈现。实验结果说明,系统最长响应时间为 1.857 s,最大 CPU 占用率和消耗分别是 80.8%和 1 656 M,信息可视化重现程度高。

关键词: 遥感技术; 地震现场; 灾情收集; GIS 遥感平台; GIS 遥感控制模块; 遥感监控

中图分类号: TU998.4

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2019)02-0520-07

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2019.02.520

A Disaster Information Collection System Based on Visualization Remote Sensing Technology in Earthquake Areas

LI Jian¹, HAN Li^{2,3}

(1. School of Geological Surveying and Mapping Engineering, Chongqing Vocational Institute of Engineering, Chongqing 402260, China; 2. Ecological Resources and Landscape Research Institute, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 3. State Environmental Protection Key Laboratory of Synergetic Control and Joint Remediation of Soil and Water Pollution, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: Earthquake sites are different from general disaster sites, and their disaster areas are relatively large. However, collected disaster information based on remote sensing can prove scattered and confused, and cannot form visual analysis results. To solve this problem, a disaster information collection system for a large earthquake area, based on visualization remote sensing technology, was designed in this paper. The system hardware consisted of a network communication layer, a data collection layer, a database layer, a GIS remote sensing platform layer, and an application layer. The advantages of using remote sensing to gather information was harnessed, and the three-dimensional reconstruction technology of GIS was applied to visualize the disaster

收稿日期: 2018-07-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(41501060)

第一作者简介: 李 建(1979-),男,四川内江人,讲师,注册测绘师,主要从事数字化地形图测绘、摄影测量与遥感的教学与研究工作。E-mail: leejean1979@126.com。

通信作者: 韩 立(1989-),男,四川宜宾人,在读博士,主要研究方向也生态环境遥感,3s 技术集成与应用。

information. The experimental results showed that the maximum response time of the system is 1.857 s, and the maximum CPU occupancy and consumption were 80.8% and 1 656 M, respectively. There was a high degree of recurrence of information visualization.

Keywords: remote sensing technology; earthquake field; collection of disaster information; GIS remote sensing platform; GIS remote sensing control module; remote sensing monitoring

0 引言

地震是一种破坏力很大的自然灾害,常常造成严重人员伤亡,其能引起火灾、水灾、有毒气体泄漏、细菌及放射性物质扩散,还可能造成海啸、滑坡、崩塌、地裂缝等次生灾害。对地震现场灾情信息进行快速广泛的收集有利于全面、准确地获取救援工作、灾后重建和灾情原因分析等信息,可为地震灾情分析以及制定救灾策略提供可靠的数据。震后现场勘察技术受到地震区域广大,复杂环境的约束,可应用范围很小,信息采集零散,后期信息以人工分析为主,存在时间消耗大和局限性大等问题。随着遥感技术的发展,凭借遥感技术视角广、探测地面范围广和时效性高等特点,相比其他的地震现场信息采集方法,遥感技术的优势较为明显。

当前,利用遥感技术的灾情搜集相关研究已经取得了一定的进展,文献[1]设计了一种广西地震信息推送与灾情收集遥感系统,以数据挖掘的关联分析为主,同时运用信息推送方法实现对灾情信息的收集,但是该系统缺乏对地震灾情影像的分析过程,导致获取的地震现场灾情信息准确性降低;文献[2]采用多时相 HJ-1B CCD 影像实现玉米倒伏灾情的遥感监测,其对灾情影像的多时相性具有较高要求,容易受到外界环境干扰,导致获取的灾情信息存在

较高杂质,具有一定的局限性;文献[3]提出了一种基于最大熵模型的神农架林区华山松大小蠹灾害遥感监测方法,该方法基于最大熵模型分析灾害遥感信息,并依据遥感数据间的关联性实施运算,但是运算过程复杂,降低了灾害遥感信息监测效率。以上遥感方法的不足是对实现大区域的可视化重现过程有困难。

1 基于遥感技术的地震现场灾情收集系统设计

1.1 系统逻辑结构设计

本文设计的地震现场灾情搜集系统结构由网络通信层、数据收集层、数据库层、GIS 遥感平台层和应用层组成。在该系统中网络传输层负责对现场数据进行发送,以地震局“12300”电话热线和北斗系统为通信基础,以移动终端实现信息的传输。

图 1 为系统逻辑结构图。存储系统存储地震监测站接入系统的数据^[4],地震现场灾情数据采集由数据获取层负责;基本数据、灾情信息、报告人员信息和灾情简要信息等数据由数据库层管理^[5];新加入的 GIS 遥感平台主要负责数据描绘、空间解析和显示地图功能;应用层主要负责灾情标记、信息报告数据管理和人员管理等工作,具有完成地震灾情收集、报道和处理的功能。



图 1 系统结构

Fig.1 System structure

1.2 系统硬件架构的设计

图 2 为系统的硬件架构图。

(1) Web 服务器:在连接互联网基础上,设置网

络灾情查询系统,向公众提供灾情查找服务。

(2) GIS 遥感服务器:对地震灾情进行遥感图像采集、分析、管理和可视化呈现,在行业内部网络

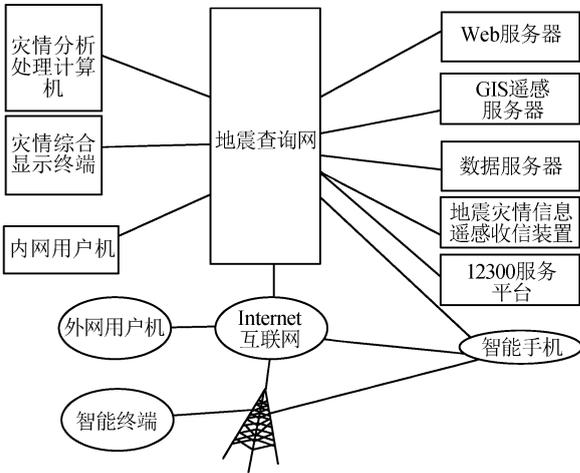


图2 系统硬件架构图

Fig.2 Hardware framework of the system

中部署该服务器,这也是系统的创新之处。

(3) 数据库服务器:设置 Oracle 数据库,通过异构服务架构进行灾情信息存储,这些灾情信息来自于短信平台。

(4) Android 移动设备:在该设备中部署 Android 灾情上报系统,基于移动终端的定位能力通过图形界面高效率获取规范灾情编码信息^[6],同时向短信平台反馈获取的灾情信息。

(5) 地震灾情信息遥感收集装置,用于采集地震现场灾情信息,其通过 GIS 遥感模块、视频收集模块以及无线网络模块实现地震现场遥感信息、视频信息的采集以及传输^[7]。

(6) 其他智能手机、平板电脑和普通电脑:通过浏览器对灾情调查网络系统进行检索^[8],通过网络反馈灾情信息时应充分发挥 Webkit 的引擎定位能力。

1.3 地震灾情数据遥感收集装置设计

本文设计的地震灾情搜集系统特别之处在于增加了数据遥感收集装置,采用遥感技术收集相关的地震灾情信息,这些信息主要有地震因素、现场图片以及二次发生灾害等,是地震灾情系统的前端,其为总体地震现场灾情收集系统的关键部件。如图3所示,此收集设备分为:数据收集模块、GIS 遥感模块、视频收集模块和无线网络模块等模块。

遥感技术能够实现数据的远程采集与成像处理,应用遥感数据采集器获得地震受损数据情况,对采集到的地震电磁波信息进行成像处理,具有耗能低的优势^[9],确保地震灾情数据在总体测控程序中能进行收集、保存和传输、集合和处理各个功能的操作。收集装置在智能电源模块下,可进行工作模式

和待机模式的转换,同时为整个装置供应连续、稳固的电源。数据收集模块的关键部件是高质量单片机以及 A/D 变换器,收集模块获取灾情信息需要通过地震烈度、有害气体以及火灾等传感器转换成的遥感图像特征获取^[10]。采用 GIS 遥感模块得到灾情监控仪的地理信息和地震现场灾情采集系统的时间规范结果,并通过 GIS 遥感模块的授时步骤进行相关设置^[11]。对地震现场 24 小时视频监控通过红外线遥感视频摄像机与 USB 图像采集卡共同完成。地震灾情遥感图像数据采集部件同无线网络模块实现无线接入,进行无线接入过程前,需要采用 WiFi 以及 TD-SCDM A 对无线网络实施冗余配置^[12-13]。

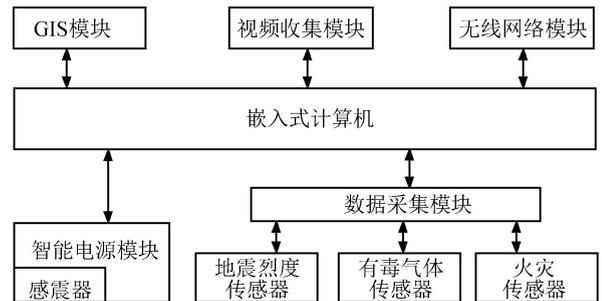


图3 地震灾情信息遥感收集装置硬件框图

Fig.3 Hardware block diagram of data collection device for earthquake disaster

2 基于 GIS 遥感图像重构的实现

系统软件主要功能模块由 GIS 遥感重构模块、灾情填写模块、人员控制模块、简报建立模块、简报反馈模块、历史灾情搜索模块以及系统控制模块组成。GIS 遥感重构模块提供基本的遥感信息的三维图像重构服务,可同时进行地图标注和制图等功能,并且具有设置、图层管理等基础地图设置功能,其中 GIS 地图数据库的描述表用表 1 描述。

三维图像现场重构算法利用傅里叶变换^[14],对采集的遥感图像进行重构:对采集的地震现场遥感图像进行傅里叶变换:

$$X(k) = \sum_{n=1}^N x(n) \cdot \exp\left(\frac{2\pi}{N}(n-1) \cdot (k-1)\right) \quad (1)$$

式中: $X(k)$ 代表转换后的遥感图像信息函数; N 代表遥感图像帧数; n 代表时间约束量; $x(n)$ 代表时间序列; k 代表常数干扰约束系数。对式(1)中的 $x(n)$ 进行傅里叶变换:

$$x(n) = X(k) / \sum_{k=1}^{N/2} \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot k}{N \cdot dt}\right) \right] \quad (2)$$

式中: dt 代表遥感图像采集的时间间隔。遥感图像

之间的像素差表达式为:

$$\Delta\varphi_{i1} = \frac{2\pi \cdot k}{N \cdot dt} \cdot x(n) \quad (3)$$

式中: $\Delta\varphi_{i1}$ 代表两者之间的像素差,结合差值实现差异化变化重构。具体技术环节限于论文篇幅,不能给予详述,以下相同。

表 1 数据库描述表

Table 1 Database description table

序号	名称	描述
1	基础地理信息数据库	存储全国的道路、河流、湖泊信息
2	灾情信息数据库	内部人员上传和大众上传的关于灾情数据
3	人员数据库	存储包括地震部门人员、采集人员信息、报道人员信息等
4	报道信息数据库	存储历史报道信息数据库
5	系统管理数据库	存储用户、管理操作等系统管理信息

3 实验分析

3.1 实验流程设计

运用本文系统进行灾情信息收集实验时,不仅使用了多元统计和模拟分析等方法,而且运用遥感监控、地面视察和原有的国土资源生态环境监控等方式,创建不同的地震现场灾情信息收集实验测试信息^[15]。图 4 为本文系统进行地震现场灾情收集

的实验流程图。对灾前光学遥感影像、灾后光学遥感影像以及灾后雷达影像实施数据正常预处理。数据预处理结果通过式(3)计算其受损目标的差异化变化,结合叠置分析结果和灾情综合地理信息检测指标,地壳快速运动瞬间释放大量能量,同时获得受损目标的温度改变,然后获取重构参数,进而获取地震受损目标变化信息,将这些信息存储地震灾情综合地震信息数据库中,利用 GIS 实现重构。

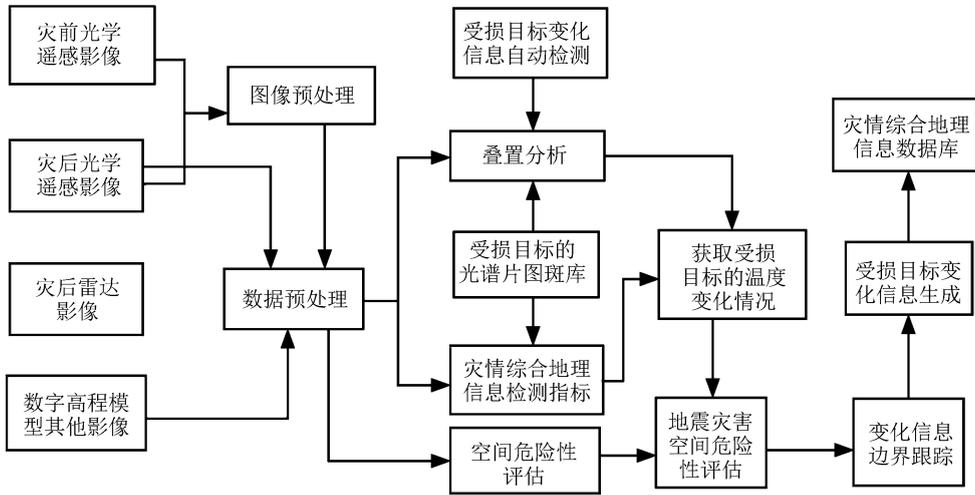


图 4 灾情参数收集流程图

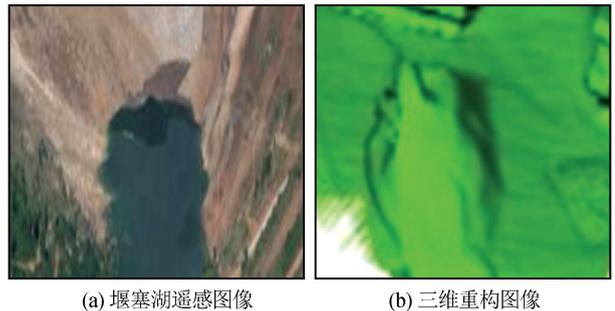
Fig.4 Collection flow chart of disaster indexes

3.2 地震灾区遥感三维图像重构结果

图 5 为无人机拍摄的地震大区域堰塞湖图片,经过本文 GIS 进行三维可视化重构后,突出显示。

3.3 系统遥感监测的评估统计结果

实验检测本文系统通过高识别图像遥感影像、光学卫星影像等设备对某地震受灾居民区、交通线路等设备和农田受损情况进行遥感信息收集和评估,本文系统对受灾地区进行地质灾害评估和监控。本文系统对各地区重点检测目标的毁坏面积、图斑个数、毁坏原因等情况通过检测结果的矢量要素数据获取,数据以县为单位,按照灾损类型来分类统



(a) 堰塞湖遥感图像 (b) 三维重构图像

图 5 GIS 三维地震区域可视化重构结构

Fig.5 Visual reconstruction structure of 3D seismic region in GIS

计。系统获取的毁房、塌陷、滑坡等地震损毁的损伤遥感检测结果用图6描述。

分析该图可知,19个地区受到了140~5 hm²不等的毁房损失,崩塌面积在5~230 hm²之间,滑坡面积处于3~55 hm²之间,南江、万元和平凉的灾害体堵江面积分别为48 hm²、8 hm²和3 hm²,凤

县、合水、两当和留坝的毁路面积分别为8 hm²、32 hm²、3 hm²和5 hm²,南江各方面地震损毁面积最严重,以上数据表明本文系统可对某县区的毁房、坍塌、滑坡等地震损毁的情况进行准确的遥感监测,本文系统能够对地震现场的灾情信息进行全面监测。

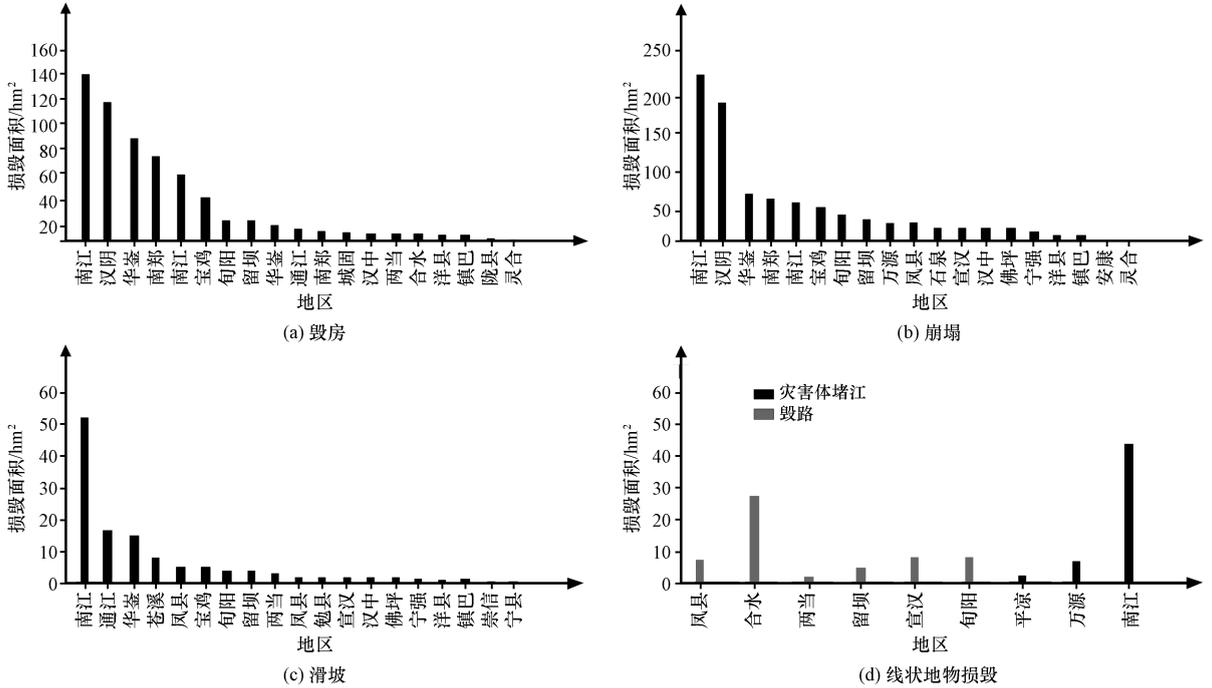


图6 地震损毁的遥感监测结果

Fig.6 Remote sensing monitoring results of earthquake damage

3.4 系统性能测试

系统性能测试是在不同用户并发数的条件下进行的,通过不同的用户并发数量测试系统性能。实

验给出本文系统和基于最大熵模型的地震现场灾情收集系统的性能测试结果,用表3和表4描述。

由表3和表4可知,当并发用户数从11人增加

表3 本文系统灾情收集测试结果

Table 3 Disaster collection test results of the proposed system

		并发用户数运行情况				
并发用户数/人		11	52	93	151	191
地震现场灾情收集	进入用户数/人	31	62	115	164	214
	最短响应时间/s	0.222	0.304	0.460	0.664	0.821
	最长响应时间/s	0.840	0.914	1.116	1.425	1.857
	CPU 占用率/%	28.39	37.73	63.61	72.50	80.80
	内存消耗/M	480	685	947	1 234	1 656

表4 基于最大熵模型的地震现场灾情收集系统灾情收集测试结果

Table 4 Disaster collection test results of the system based on the maximum entropy model

		并发用户数运行情况				
并发用户数/人		11	52	93	151	191
地震现场灾情收集	进入用户数/人	31	62	115	164	214
	最短响应时间/s	0.356	0.414	0.569	0.795	0.954
	最长响应时间/s	1.156	1.589	1.985	2.024	2.215
	CPU 占用率/%	34.86	62.56	74.56	84.11	94.66
	内存消耗/M	695	1011	1 456	1 865	2 004

到 191 人,进入用户数从 31 人到 214 人时,本文系统最短响应时间从 0.222 s 提高到 0.821 s,最长响应时间从 0.840 s 提高到 1.857 s,基于最大熵模型的地震现场灾情收集系统最短响应时间从 0.356 s 提高到 0.954 s,最长响应时间从 1.156 s 提高到 2.215 s,对比可以看出本文系统最短、最长响应时间均低于基于最大熵模型的地震现场灾情收集系统;同样在上述并发用户数和进入用户数的变化状态下,本文系统 CPU 占用率从 28.39% 提高到 80.8%,基于最大熵模型的地震现场灾情收集系统 CPU 占用率从 34.86% 提高到 94.66%,本文系统 CPU 占用率比基于最大熵模型的地震现场灾情收集系统小;本文内存消耗从 480~1 656 M,传统内存消耗性从 695~2 004 M,通过对比可以看出本文系统内存消耗低于基于最大熵模型的地震现场灾情收集系统。综合分析实验结果表明,本文系统的响应时间、CPU 占用率、内存消耗方面性能都优于基于最大熵模型的地震现场灾情收集系统,本文系统能够满足地震现场灾情信息收集的需要。

4 结论

本文提出的基于遥感技术的地震现场灾情收集系统,硬件使用了嵌入式计算机和 GIS 遥感服务器等设备,通过地震灾情数据遥感收集装置采用遥感技术收集相关的地震灾情信息。软件实现了灾情填写、人员搜索、简报建立、系统控制等功能。实验测试了本文系统灾情信息收集效果、遥感监测结果和性能结果,实验数据结果说明,本文系统可获取全面、准确的地震现场灾情信息;本文系统在用户并发数 191 人的情况下,最长响应时间仅为 1.857 s,系统最长响应时间为 1.857 s,最大 CPU 占用率和消耗分别是 80.8% 和 1 656 M,具有较高的性能,本文系统对地震现场信息收集的效果明显,为地震救灾发挥了积极有效的作用。

参考文献(References)

- [1] 王东明,许立红.破坏建筑物遥感信息提取技术:以尼泊尔 8.1 级地震为例[J].自然灾害学报,2016,25(3):124-129.
WANG Dongming, XU Lihong. Extraction Technology of Remote Sensing Information on Building Damage: A Case Study of Ms8.1 Nepal Earthquake[J]. Journal of Natural Disasters, 2016, 25(3): 124-129.
- [2] 时盛春.地震灾后区域无人机 GPS 遥感定位技术研究[J].地震工程学报,2018,40(2):350-355.
SHI Shengchun. GPS Remote Sensing Positioning Technology for Unmanned Aerial Vehicle in Post-earthquake Area[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(2): 350-355.
- [3] 曾瑞,王英彦,张炜超.地震应急测绘信息智能综合处理技术研究[J].地震工程学报,2018,40(2):363-368.
ZENG Rui, WANG Yingyan, ZHANG Weichao. Intelligent Comprehensive Processing Technology of Earthquake Emergency Surveying and Mapping Information[J]. Northwestern Seismological Journal, 2018, 40(2): 363-368.
- [4] 秦向辉,陈群策,孟文,等.大地震前后实测地应力状态变化及其意义——以龙门山断裂带为例[J].地质力学学报,2018,24(3):309-320.
QIN Xianghui, CHEN Qunce, MENG Wen, et al. Evaluating Measured in-situ Stress State Changes Associated with Earthquakes and its Implications: A Case Study in the Longmenshan Fault Zone[J]. Journal of Geomechanics, 2018, 24(3): 309-320.
- [5] 王之,刘超,刘秀菊,等.基于 SEaTH 算法的芦山地震无人机低空遥感影像信息对象级分类[J].地震研究,2018,41(2):173-179,343.
WANG Zhi, LIU Chao, LIU Xiujun, et al. Study on the Object-Based Classification of Low-Altitude UAV Remote Sensing Image of the Lushan Earthquake Based on the SEaTH Algorithm[J]. Journal of Seismological Research, 2018, 41(2): 173-179, 343.
- [6] 董文,沈占锋,程希萌.基于高分辨率遥感目标特征库的地震灾情快速评估方法[J].地球信息科学学报,2016,18(5):699-707.
DONG Wen, SHEN Zhanfeng, CHENG Ximeng. The Rapid Assessment Method of Earthquake Disaster Based on High-Resolution Remote Sensing Target Feature Library, Journal of Geo-Information Science[J]. 2016, 18(5): 699-707.
- [7] 陈立泽,申旭辉,王辉,等.我国高分辨率遥感技术在地震研究中的应用[J].地震学报,2016,38(3):333-344.
CHEN Lize, SHEN Xuhui, WANG Hui, et al. Application of High-resolution Remote Sensing Technique to Earthquake Studies in China[J]. Acta Seismologica Sinica, 2016, 38(3): 333-344.
- [8] 黄海峰,林海玉,吕奕铭,等.基于小型无人机遥感的单体地质灾害应急调查方法与实践[J].工程地质学报,2017,25(2):447-454.
HUANG Haifeng, LIN Haiyu, LV Yiming, et al. Micro Unmanned Aerial Vehicle Based Remote Sensing Method and Application for Emergency Survey of Individual Geohazard[J]. Journal of Engineering Geology, 2017, 25(2): 447-454.
- [9] 程希萌,沈占锋,邢廷炎,等.基于高分遥感影像的地震受灾建筑物提取与倒损情况快速评估[J].自然灾害学报,2016,25(3):22-31.
CHENG Ximeng, SHEN Zhanfeng, XING Tingyan, et al. Damaged Building Extraction and Rapid Assessment for Earthquake Disasters Based on High-Resolution Remote Sensing Images[J]. Journal of Natural Disasters, 2016, 25(3): 22-31.
- [10] 赵刚,黄汉明,卢欣欣,等.基于 BP-Adaboost 方法的天然地震和人工爆炸事件波形信号分类识别研究[J].地震工程学报,2017,39(3):557-563.

- Piles in Marine Soft Soil Site[J].Coal Geology & Exploration, 2017,45(1):100-104.
- [9] 李杰,周全,刘怡,等.引调水工程建设的水土流失影响及防治对策——以湖北省鄂北地区水资源配置工程为例[J].人民长江,2017,48(12):55-57.
LI Jie, ZHOU Quan, LIU Yi, et al. Influence and Prevention Countermeasures on Soil and Water Loss in the Construction of Water Diversion Project: Water Transfer Projects in Northern Hubei[J]. Yangtze River, 2017, 48(12): 55-57.
- [10] 雷海涛.基于感震器技术的地震灾情信息系统设计[J].电子设计工程,2016,24(14):104-106.
LEI Haitao. Design of Earthquake Disaster Information System Based on the Technology of Shock Absorber[J]. Electronic Design Engineering, 2016, 24 (14): 104-106.
- *****
- (上接第 525 页)
- ZHAO Gang, HUANG Hanming, LU Xinxin, et al. Research on the Classification of Seismic Wave Signals of Earthquakes and Explosion Events Based on BP-Adaboost[J]. Northwest-ern Seismological Journal, 2017, 39(3): 557-563.
- [11] 陈浩,曹国.高分辨率遥感图像灾区建筑物检测[J].数据采集与处理,2017,32(2):417-423.
CHEN Hao, CAO Guo. Building Detection in Disaster Area from Remote Sensing Image with High Resolution[J]. Journal of Data Acquisition & Processing, 2017, 32(2): 417-423.
- [12] 袁小飞.地震荷载下土体应力分析与挡土墙土压力计算分析[J].铁道标准设计,2017,45(2):29-33.
YUAN Xiaofei. Stress Analysis of Soil Mass and Calculation of Retaining Wall Pressure under Seismic Load[J]. Railway Standard Design, 2017, 45(2): 29-33.
- [13] 付萧,鲁恒,朱庆,等.面向地震灾区高分辨遥感影像信息提取方法[J].地震研究,2016,39(3):494-499.
FU Xiao, LU Heng, ZHU Qing, et al. Method of Information Extraction from High Spatial Resolution Remote Sensing Image in Earthquake-stricken Area[J]. Journal of Seismological Research, 2016, 39(3): 494-499.
- [14] 刘甲美,王涛,石菊松,等.基于不同位移预测模型的地震滑坡危险性评估研究:以天水地区为例[J].地质力学学报,2018,24(1):87-95.
LIU Jiamei, WANG Tao, SHI Jusong, et al. The Influence of Different Newmark Displacement Models on Seismic Landslide Hazard Assessment: A Case Study of Tianshui Area, China[J]. Journal of Geomechanics, 2018, 24(1): 87-95.
- [15] 刘亚岚,许清,郑泽忠,等.典型地震次生地质灾害多光谱遥感影像特征图谱研究[J].遥感技术与应用,2015,30(1):18-24.
LIU Yalan, XU Qing, ZHENG Zezhong, et al. Study on Characteristic Chart of Multi-spectral Remote Sensing Image for Typical Earthquake Secondary Geological Disasters[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2015, 30(1): 18-24.