

基于多源数据的震害快速评估方法探讨

陈文凯, 何少林, 周中红

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:对目前基于 GIS、遥感技术的地震灾害快速评估方法分别进行了分析, 并通过汶川地震实例归纳总结了现有防震减灾软件系统建设取得的成绩和存在的问题, 提出了一种利用 GIS、遥感、地震现场数据等多源数据的综合地震灾害快速评估方法, 并给出了其实现流程。

关键词: GIS; 遥感; 多源数据; 震害快速评估; 汶川大地震

中图分类号: TP79; P315.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2010)01-0076-06

Study on Rapid evaluation Method of Earthquake Damage Based on Multi-Source Data

CHEN Wen-kai, HE Shao-lin, ZHOU Zhong-hong

(Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The recent rapid evaluation methods of earthquake damage based on GIS and remote sensing technologies are analyzed in detail and with the Wenchuan M8.0 earthquake case, the both achievements and problems in the methods are summarized. A new rapid evaluation method of earthquake damage which comprehensively using multi-source data, such as GIS, remote sensing and post-earthquake field investigation, is proposed in this paper, and its realization flow is given also.

Key words: GIS; Remote sensing; Multi-source data; Rapid evaluation of earthquake damage; Wenchuan great earthquake

0 引言

中国是地震多发国家, 随着社会经济的发展, 地震造成的经济损失和人员伤亡都呈上升趋势。因此, 地震发生后快速获取准确的灾情, 采取有效的救援工作, 是减轻灾害的最有效方法之一。

目前我国地震部门已经建立了利用遥感、GIS 技术对地震灾情进行快速评估的系统, 但目前两种系统各有不足且相互独立运行, 造成实际的灾情评估结果不很理想, 难以满足实用需求。为进一步开展地震灾情快速评估方法研究, 本文提出一种充分利用 GIS、遥感、地面现场等多种数据进行地震灾情信息快速获取的综合方法。

1 基于 GIS 的地震灾害快速评估

1.1 发展及现状

随着 GIS 技术的快速发展, 在地震应急及灾害评估中 GIS 技术应用已非常普遍^[1-16]。“九五”期间我国陆续发展建立了国家防震减灾指挥中心、上海市防震减灾应急决策信息系统、安徽省中等城市地震应急信息管理系统、城市地震应急指挥技术系统 (UEECTS)、国家地震应急快速响应信息系统等多个国家或地方地震应急系统, 使 GIS 技术开始在地震应急中发挥作用。“十五”期间中国地震局建立起

收稿日期: 2009-01-07

基金项目: 中国地震局预测研究所基本科研业务专项(基于雷达、光学等多源遥感震害信息提取技术研究(2009A21)); 甘肃省地震局青年地震科学基金(2008263); 中国地震局“十五”重点项目; 国家科技支撑计划(2006BAC13B03-012); 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2010010

作者简介: 陈文凯(1983-), 男(汉族), 青海民和人, 研究实习员, 目前主要从事 RS 和 GIS 应用技术研究。

基于 GIS 技术的全国 31 个省市的区域地震应急指挥综合展示系统,包括地震灾情评估、辅助决策、历史震中、基础数据、地震报告、指挥反馈查、现场信息模块,只要收集到地震灾区的基础地理信息数据,理论上就能够对地震灾情进行详细准确的运算,能够得到地震灾区人口、经济、水库、大型管线、道路、电站等多种要素的损失及破坏情况。该系统是目前为止功能最为强大,评估结果最为全面、自动化程度最高的防震减灾软件系统。

1.2 采用的原理及数据

区域地震应急指挥综合展示系统的工作原理:当给定地震震级、经纬度、震源深度等地震基本参数,系统就可利用地震烈度衰减规律自动生成等震线;采用 GIS 空间分析功能确定此次地震的地震影响场;调用地震应急基础数据库中的数据,依据地震影响场、直接经济损失判断、人口伤亡判断、地震动等值、大中型水库、桥梁、火灾、电厂变电站、毒气源危险性与破坏等级判断、县级(省干线)以上交通线通行能力判断等模块中的模型运算,在地震发生后第一时间(十几分钟内)内得到地震灾区人口、经济等各个方面的伤亡及损失情况。

系统基础数据库包括:空间数据(地市、区县、乡镇区划、行政村;地层、断裂、岩体;道路、河流水系、水库、桥梁等)、人口(地市级、区县级、乡镇级人口统计表)、建筑物(地市、区县、乡镇房屋统计表,各类房屋比例统计表)、经济(国民经济、大型企业经济统计表)、学校、医院及其它各类信息。数据根据《区域级抗震救灾指挥部地震应急基础数据库格式规范》建立数据标准,包括数据集的创建,数据分类的创建,要素的创建,数据的定义。使得地震信息的采集、评估和分类等工作形成了一定的规范化标准。

1.3 存在的问题

由于基于 GIS 技术的地震灾害快速评估系统是在未经调查、或调查正在进行之中得到的,使其可靠性、准确性大为降低,即为地震灾情的盲评估^[7]。其评估结果精度取决于收集到的基础数据库中数据和采用模型公式的精度。例如,汶川 8.0 级大地震时,通过甘肃地震应急辅助决策软件计算,生成的结果为此次地震对甘肃省文县造成轻微破坏,北川县大部分地区烈度为 VII 度(图 1),而实际中甘肃文县地区烈度达到了 IX 度,北川地区烈度达到了 XI 度(图 2)。表 1 中震害评估结果对比也表明误差很大。导致这样的结果是因为该软件中地震影响场与实际情况相差很大。

2 基于遥感技术的地震灾害快速评估

表 1 汶川地震中甘肃省震害损失软件计算与实际结果对比

地震损失情况	系统计算结果	实际调查结果(据中国网)
死亡人口/人	1	365
受伤人口/人	17	10 121
经济损失/亿元	3	490.158

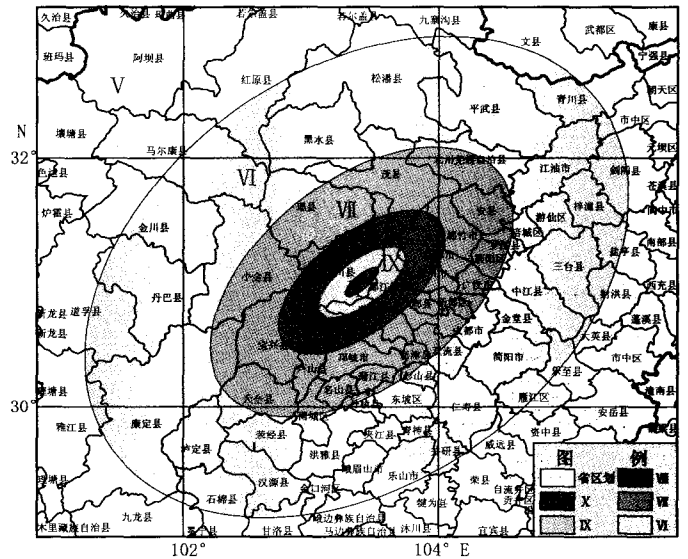


图 1 基于西部烈度衰减关系^[18]得到的汶川 8 级地震的烈度图

Fig. 1 Distribution of seismic intensity of Wenchuan Earthquake from the intensity attenuation relation of West China.

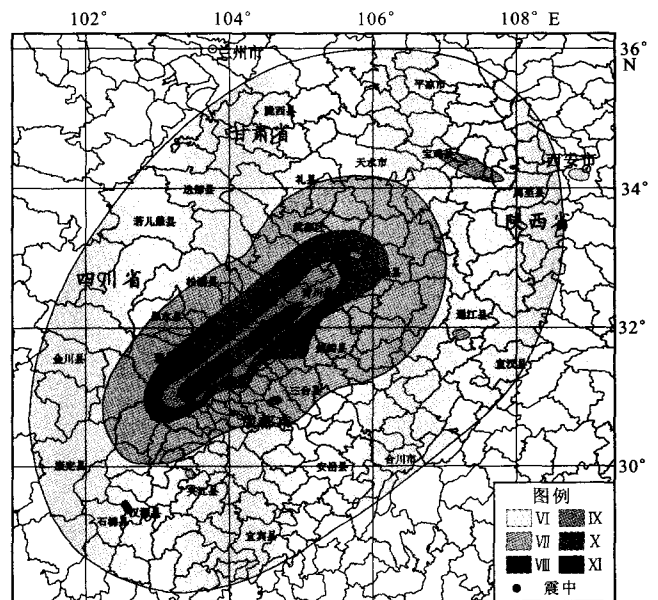


图 2 汶川 8 级地震烈度图(据中国地震局网站)
Fig. 2 Seismic Intensity Distribution of Wenchuan Ms 8.0 Earthquake from CEA.

2.1 发展及现状

遥感技术具有概括性、综合性、宏观性、直观性等特点,可以较大程度地排除人为干扰,大大节省人力和财力,快速提供大范围震害信息。但航天遥感以前因为分辨率等各种原因很少直接用于地震灾害调查中。20 世纪 60 年代在日本、美国、加拿大、印度、新西兰、泰国等国航空遥感开始被应用于地震灾害调查中^[18]。随着遥感技术的发展,20 世纪 90 年代以来,特别是 IRS、IKONOS、Quickbird 和 Orb-View 等高分辨率商业卫星的发射后,利用航天遥感影像提取震害信息变的更为符合现实要求,各国专家普遍对震后遥感影像进行了分析研究,发展了适合不同数据源的不同的处理方法^[19-24]。我国从 1966 年起既对邢台、海城、唐山等破坏性地震进行了航空摄影灾情调查,近年来在利用遥感技术进行地震灾害快速评估方面做了大量工作,研究了地震后遥感影像的人工判读标志,震害分类、分级研究,发展了一些根据图像特征进行自动震害信息提取方法^[25-38]。

2.2 数据及处理流程

收集到地震前后遥感影像首先要对其进行去云、除噪、几何校正等预处理,然后进行图像增强、特征提取,再进行图像镶嵌、裁剪,人机交互分析判读或自动分类,获取建筑物破坏程度(房屋、桥梁、道路破坏情况),从而得到灾区的烈度,圈定等震线,利用地理信息基础数据库中的数据通过 GIS 空间分析得到地震损失评估结果。流程如图 3 所示。

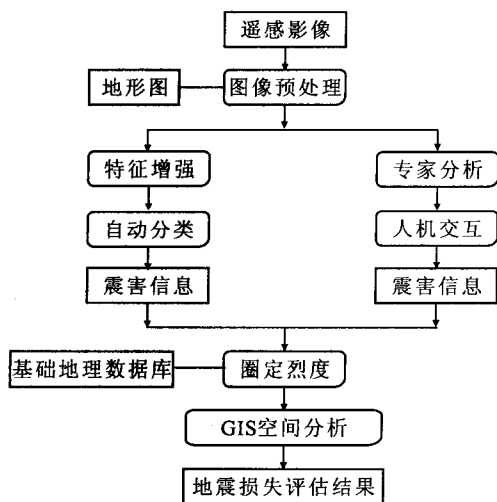


图 3 基于遥感技术的地震快速灾害评估流程

Fig. 3 Flow chart of earthquake hazard assessment from remote sensing.

对于汶川 8.0 级地震,目前可以收集到各种遥

感数据。根据不同数据源对其进行分类处理,可得到不同的震害信息。图 4 所示的影像为福卫-2 多光谱影像,空间分辨率为 8 m,可以用来监测道路、桥梁的损坏及滑坡、泥石流次生灾害;图 5 所示的影像为地震后 COSMO 雷达影像(空间分辨率 1 m)和地震前 IKONOS 多光谱融合影像(空间分辨率 1 m),可以用来调查房屋倒塌情况。遥感数据处理一般采用专家人工目视判读与计算机自动分类相结合的方式,从而达到高效的工作效率和较为满意的灾情结果^[18]。

2.3 存在的问题

遥感数据的获取及处理方法是目前遥感技术应用的瓶颈。遥感数据主要分为光学和雷达数据,因所处波长不同,获取条件也不尽相同。在地震灾害快速评估中,光学数据适合人眼分析判读,但是受天气的影响很大,只有天气晴朗时才能获取到清晰的光学影像;雷达不受天气影响,但人眼目视判读较光学影像困难。空间分辨率较高的成像雷达可以做一些次生灾害、道路桥梁、房屋倒塌情况的解译,需要专家对比判读。

遥感数据的处理方法制约着遥感技术在地震灾害快速评估中的应用,首先反映在遥感数据的预处理过程,如图像校正、镶嵌、增强等。遥感数据因拍摄平台的不稳定,导致了拍摄影像发生畸变,所以必须要对其进行几何纠正,消除其畸变。航空影像的预处理因其拍摄平台(飞机)不稳定、数据量大等原因,处理难度很大。像此次汶川大地震中拍摄的航片数据量超过 1 000 GTB,数据预处理就需要很长时间,很难满足快速得到灾区灾情的要求。

其次是遥感影像中提取震害信息方法。随着遥感技术和计算机技术的快速发展,遥感图像处理技术也从最初的人工目视解译发展到了计算机自动分类阶段,通过许多专家的研究探索,发展了多种震害自动提取的方法^[20-40],但其精度远远没有达到实用化的程度,目前还处于探索阶段。

3 基于 GIS、遥感、现场资料的综合地震灾害评估

如上所述,基于 GIS 的快速评估系统属于盲评估,其中基于经验型的烈度衰减关系得到的等震线模型对评估结果起着决定性的作用^[39]。而震后得到的遥感数据与地震现场数据可以对经验性的等震线进行修正,从而提高评估精度。

利用 GIS、遥感、地震现场等数据,可以动态修

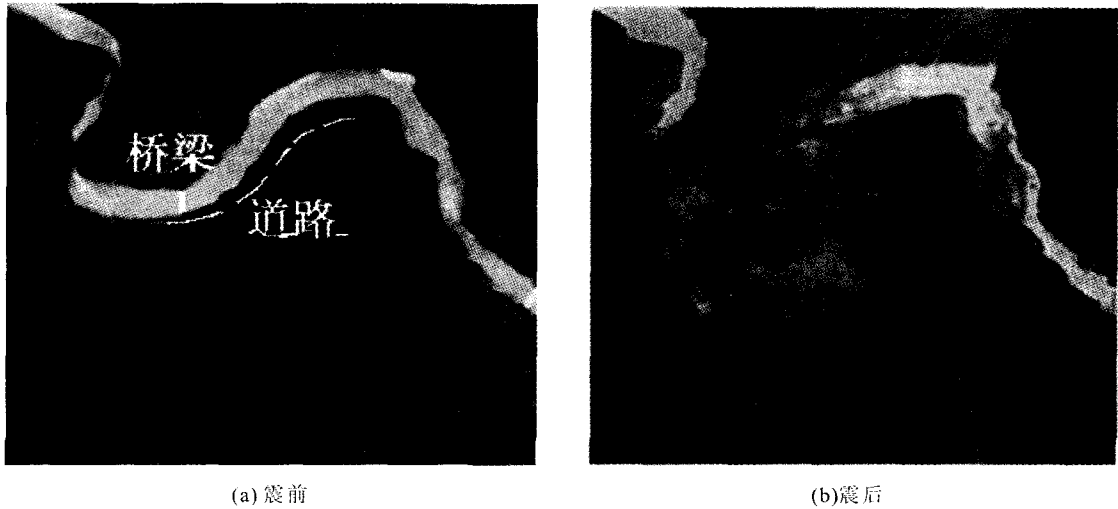


图 4 北川县城西北部地震前后遥感影像
 Fig. 4 RS image of northwest Beichuan county before and after the earthquake.

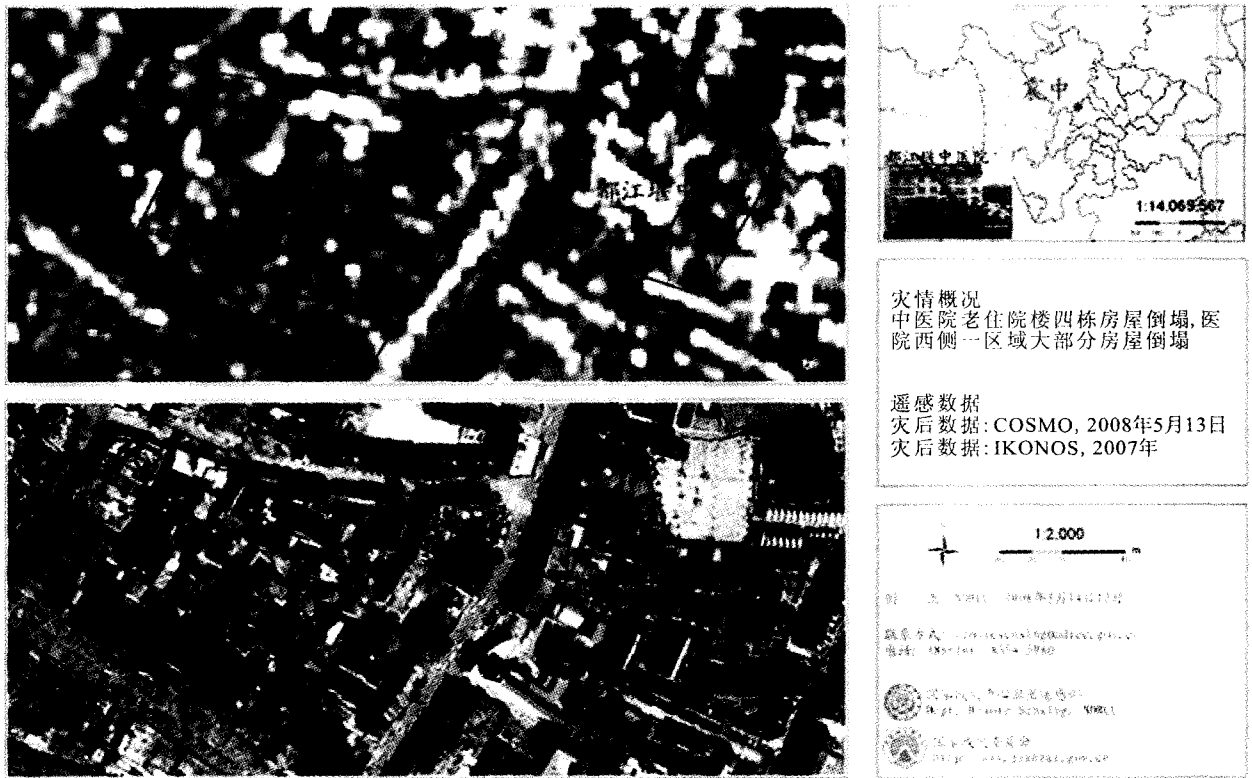


图 5 都江堰市中医院片区房屋损坏情况(据国家减灾中心卫星遥感部网站)
 Fig. 5 Building damage of TCM Hospital district in Dujiangyan city.

正评估结果,具体计算流程如图 6 所示。动态地震灾害评估系统更加适用于特大地震,例如此次汶川地震,灾情是随着时间的推移而变化的,随着遥感数据、地震现场信息等各个方面的数据不断传回,灾情才能逐渐被了解,评估的结果逐步趋于准确。

一旦有地震发生,我们可以先根据现有的地震应急数据库中的数据在最短的时间内了解地震灾区的地理环境、人口、交通、经济等情况,计算可能的地震影响范围及人口伤亡、经济损失等。然后根据收集到的遥感数据进行人工判读或者计算机自动分类

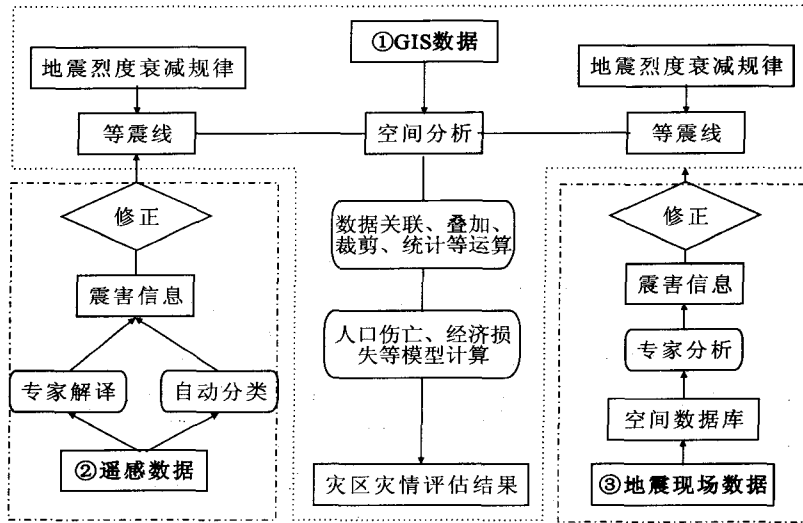


图 6 基于 GIS、遥感、现场资料等数据的震害综合评估流程图

Fig. 6 Flow chart of earthquake damage comprehensive evaluation from GIS, RS and field data.

了解灾区实际情况(宏观灾情、次生灾害),根据提取的震害信息矫正经验性的等震线,再通过 GIS 系统空间分析功能计算灾区人口、经济、桥梁道路等损坏情况,为抗震救灾决策提供一些建议。随着时间的推移,地震现场调查工作在灾区逐步展开,可利用从灾区传回的实际考察资料,对其进行收集整理入库,将这些资料与空间数据相关联,然后让评估专家对其进行分析判断,确定灾害破坏程度,从而再去矫正前面的评估结果。

这种动态收集各种数据(GIS、遥感、地震现场数据),动态修改地震等震线,逐步提高评估精度的方法,充分利用了现有的多种数据优势互补,将是震害快速评估方法中一种较为实用、高效的评估模式。

4 讨论与结论

本文从 GIS 和遥感两个方面分别分析了地震灾害快速评估方法及流程,得到了单纯基于 GIS 和遥感技术的快速评估方法的优缺点。根据此次汶川地震的实践检验,我们认为现有技术和系统还需要进一步解决和研究以下问题:GIS 系统中需要研究一些适合具体地方的烈度衰减关系,不能直接套用现有的东西部烈度衰减公式,而且烈度衰减公式中应该考虑点源与线源破裂因素;现有地震应急数据库中的数据精度的检验方法研究与数据的更新;遥感技术中需要研究快速纠正与定位等预处理方法,尤其是近地表数据(航片);遥感数据中震害信息提取方法的研究也是很需要的。本文初步提出了基于 GIS、遥感、地震现场数据集成的综合震害评估方

法,但如何更好的将这些数据有机结合,最大程度发挥其作用,还需要进一步研究。

致谢:感谢中国地震局地壳应力研究所张景发研究员,甘肃省地震局张苏平副研究员、高安泰工程师的指导和帮助。感谢北京视宝公司免费提供了四川灾区福卫-2 影像。

[参考文献]

- [1] 汤爱平,谢礼立,陶夏新. 基于 GIS 的城市地震应急反应系统[J]. 东北地震研究, 2001, 17(2): 35-40.
- [2] 盛家伦,成小平,帅向华,等. 国家防震减灾指挥中心的构成[J]. 地震, 2001, 21(4): 21-28.
- [3] 李杰,江建华,李明浩. 基于 GIS 的城市地震次生火灾危险性分析系统[J]. 地震学报, 2001, 23(1): 420-426.
- [4] 帅向华,成小平,姜立新. 基于 ArcView 的地震应急快速响应信息系统[J]. 地震, 2001, 21(4): 94-99.
- [5] 沈业龙,黄晓岗,谢庆胜,等. 基于 GIS 的城市防震减灾信息管理系统设计研究[J]. 灾害学, 2001, 16(4): 8-12.
- [6] 章熙海,吴洪,安琪伟. 基于 GIS 的江苏省地震应急指挥系统[J]. 地震学刊, 2002, 22(3): 55-60.
- [7] 刘欣,谢庆胜. 基于 GIS 技术的快速震害评估方法[J]. 灾害学, 2002, 17(3): 26-29.
- [8] 宋俊高,朱元清. GIS 技术应用于城市防震减灾工作[J]. 西北地震学报, 2002, 24(1): 85-91.
- [9] 刘伟庆,徐敬海. 基于 GIS 的城市防震减灾信息系统开发[J]. 南京工业大学学报, 2003, 25(1): 14-18.
- [10] 王晓青,丁香. 基于 GIS 的地震现场灾害损失评估系统[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(1): 118-125.
- [11] 谢旭阳,任爱珠,刘铁民,等. 基于 GIS 的地震次生火灾蔓延范围模拟[J]. 中国安全科学学报, 2005, 15(5): 3-7.
- [12] 李毅军,蒋春曦,潘丹. 安徽省中等城市地震应急信息管理系统研究[J]. 地震地磁观测与研究, 2006, 27(3): 101-106.

- [13] 王素珍,冯启明,陈双.城市地震应急指挥技术系统数据管理研究[J].世界地震工程,2006,22(1):21-26.
- [14] 帅向华,姜立新,李志强,等.国家地震应急快速响应信息系统建设—以首都圈地区为基础[J].自然灾害学报,2006,15(5):132-135.
- [15] 杨昆,李永强,许泉立,等.基于 ArcGIS 的地震灾害应急决策支持系统的设计与实现[J].地震研究,2006,29(2):203-208.
- [16] 李东平,赵锦慧,沈晓健,等.基于 GIS 技术的浙江省地震应急指挥演练系统[J].地震研究,2006,29(3):290-293.
- [17] 陶夏新.我国新的地震区划遍图和中国地震烈度区划图(1990)[J].自然灾害学报,1992,1(1):99-107.
- [18] 王晓青,魏成阶,苗崇刚,等.震害遥感快速提取研究—以2003年2月24日巴楚—伽师6.8级地震为例[J].地学前缘,2003,10(Suppl):285-291.
- [19] Mitomi Y, Takeuchi S. Analysis of spectral feature of the damaged areas by liquefaction and fire using airborne MSS data[A]//18th Japanese Conference on Remote Sensing[C]. Japan: Tokyo,1995: 117-118.
- [20] Masashi Matsuoka and Fumio Yamazaki. Identification of Damaged areas Due to the 1995 Hyogoken—Nanbu Earthquake Using Satellite Optical Images[A]//Proceedings of the 19th Asian Conference on Remote Sensing[C]. Philippine: Manila,1998:1-6.
- [21] Hajime MITOMI, Fumio YAMAZAKI and Masashi MATSUOKA. Automated detection of building damage due to recent earthquakes using aerial television images[A]//Proceedings of the 21st Asian Conference on Remote Sensing[C]. Taiwan: Taipei,2000: 401-406.
- [22] Miguel Estrada, Fumio Yamazaki. Use of Landsat Images for the Identification of Damage Due to the 1999 Kocaeli, Turkey Earthquake[A]//Proceedings of the 21st Asian Conference on Remote Sensing[C]. Taiwan: Taipei,2000: 1185-1190.
- [23] Mitomi H, Yamazaki F, Matsuoka M. Development of automated extraction method for building damage area based on maximum likelihood classifier[A]// Proceedings of 8th International Conference on Structural Safety and Reliability[C]. California: New Beech,2001: 2430-2442.
- [24] M Turker, B T San. Detection of collapsed buildings caused by the 1999 Izmit, Turkey earthquake through digital analysis of post—event aerial photographs[J]. International Journal of Remote Sensing,2004. 25(21):4701-4714.
- [25] 张德成.建筑物震害航空照片目视判读标志德初步研究[J].地震,1993,(2):26-30.
- [26] 杨喆,程家喻.澜沧—耿马地震灾情的航空遥感调查[J].国土资源遥感,1993,15(1):17-22.
- [27] 程家喻,杨喆,唐汉军,等.利用航空摄影进行震害调查的精度估计[J].地震地质,1995, 17(1):89-95.
- [28] 张渊智,朱博勤,魏成阶,等.地震灾害损失评估数据库的设计与建立[J].环境遥感,1996,11(1):46-53.
- [29] 丁军,王丹.遥感图像上城市震害信息德获取及其应用[J].灾害学,1996,11(1):82-86.
- [30] 朱博勤,魏成阶,张渊智.航空遥感地震灾害信息的快速提取[J].自然灾害学报, 1998, 7(1):34-39.
- [31] 杨喆,任德凤.利用机载 SAR 震害影像特征快速圈定极震区[J].地震地质,1999,21(4): 452-458.
- [32] 张景发,谢礼立,陶夏新.建筑物震害遥感图像的变化检测与震害评估[J].自然灾害学报,2002,11(2):59-64.
- [33] 柳家航.利用遥感技术进行城市建筑震害的自动识别与分类方法研究[D].北京:中国地震局地质研究所,2003.
- [34] 窦爱霞.震害遥感图像变化检测技术研究[D].泰安:山东科技大学,2003.
- [35] 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.
- [36] 张桂芳.基于高分辨率遥感影像的建筑物三维信息自动提取震害识别及震害预估方法研究[D].北京:中国地震局地质研究所,2004.
- [37] 尹京苑,赵俊娟,赵利飞.高分辨率遥感影像的图像分割研究[J].西北地震学报,2005,27(suppl):72-76.
- [38] 陈文凯,何少林,张景发,等.利用遥感技术提取震害信息方法的研究进展[J].西北地震学报,2008,30(1):88-93.
- [39] 李萍,陶夏新,颜世菊.基于3S技术的震害快速评估[J].自然灾害学报,2007,16(3):109-113.
- [40] 王龙,王晓青,丁香,等.基于遥感和GIS的建筑物震害损失评估方法研究与实现[J].地震,2007,27(4):77-83.