

地震应急中制约遥感应用因素分析

裴惠娟¹, 陈文凯², 安培俊¹

(1. 中国科学院国家科学图书馆兰州分馆/中国科学院资源环境科学信息中心, 甘肃 兰州 730000;
2. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 遥感在汶川、玉树地震中的有效应用, 突出了重大自然灾害对遥感技术的需求。针对地震灾害快速评估的特殊性, 详细分析了地震发生在不同的地理环境下, 产生不同的地震灾害, 地震应急中监测目标的不同, 需要采用最佳遥感数据进行灾情判别, 从而更好地得到地震灾情的分布情况; 对现有遥感数据源和地震应急实际案例进行综合分析, 得到遥感在地震应急中的应用现状及制约因素, 制约因素主要有两点: 时间分辨率和图像处理技术; 最后提出了遥感技术在地震应急应用中存在的一些问题和解决的方法。

关键词: 地震应急; 灾害评估; 遥感应用因素

中图分类号: P315.94 文献标识码: A 文章编号: 1005-586X(2014)01-0036-10

0 引言

快速发展的遥感技术为地震灾害监测及灾害评估方面提供了及时有效的技术手段, 由于遥感技术的宏观、及时、动态以及能够得到同一区域时段上的影像等优点, 结合计算机迅速处理的特点, 是常规地震灾害调查技术所无法比拟的。与其他监测手段相比, 遥感技术具有速度快、精度高、范围广等特点, 并且能为地震灾害应急救援提供基于事实影像的、可精确量测的地震灾害动态监测结果。

近年来, 随着遥感技术的不断发展, 影像分辨率的不断提高, 计算机技术和信息处理技术的不断增强, 使得地震灾害遥感监测的技术不断完善, 并在汶川地震、玉树地震应急中得到广泛应用。遥感在灾害监测方面取得了较好的应用, 在地震遥感应急监测中也暴露了一些问题, 本文主要对地震应急遥感监测评估中不同地理环境下对遥感数据的需求、现有遥感数据源及实际震例进行详细介绍, 总结得到地震遥感应急监测的优势、缺点, 提出一些存在的问题和解决方法。

1 地震灾害遥感监测评估

1.1 地质构造背景分析

从全球范围看, 地震活动带与活动构造带的展布大致吻合, 这一事实说明地震的发生与活动构造带, 特别是活动断裂带关系极为密切^[1]。当一次大地震发生时, 加强地质构造背景方面的分析研究, 有助于对地震发生原因进行科学解释。因此震害调查研究首先要做的遥感应用工作是地震构造背景分析^[2]。

地震带出现在现今仍在活动着的地壳的巨大破裂带或构造带上, 分布有地震带的地质构造一般在空间上表现为较大的尺度, 因此调查地震构造背景的遥感数据空间分辨率不需要太高, 中等分辨率的遥感数据就可以满足其要求。目前在轨的中等分辨率的遥感卫星主要有美国的陆地卫星 Landsat/TM(分辨率 30 m)、北京 1 号小卫星(分辨率 32 m)、Aster 影像(分辨率 15 m)等。在汶川地震后魏成阶等人利用北京 1 号小卫星影像对汶川地震地质构造背景进行了分析, 并得到了汶川地震发生在全长 500 km、60 km 宽的龙门山断裂带和全长 600 km、宽约 50 km 的宁河—小江断裂

收稿日期: 2013-10-02

基金项目: 中国科学院“西部之光”人才培养计划博士项目、中国地震局兰州地震研究所地震科技发展基金项目(2013M01)资助。

作者简介: 裴惠娟(1982—), 女, 青海乐都人, 助理研究员, 主要从事地学灾害情报研究。E-mail: peihj@llas.ac.cn。

带的交接处,地震的强余震将沿龙门山断裂带向 东北方向延伸的重要结论(图 1)^[2]。

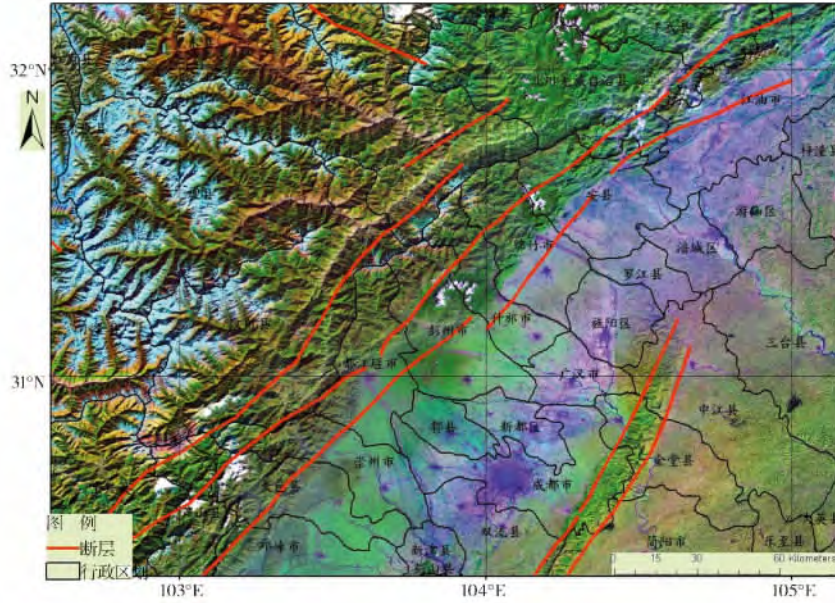


图 1 汶川地震地质构造背景分析(ETM 影像)

1.2 区域建筑物倒塌评估

当一次破坏性的地震发生后,在交通、通讯和电力等中断,缺乏地面震害调查资料情况下,进行有效的地震应急救援、灾害损失评估十分困难。通过获取震后遥感影像资料解译能够快速掌握灾区宏观受灾情况,对数据详细分析后还能获得灾区建筑物倒塌率等详细灾情,对于评估或预测地震后的人员伤亡具有非常重要的意义,也是指导救人的重要依据。

监测灾区建筑物倒塌情况需要高分辨率的遥感影像,例如国内 1966 年的邢台地震、1975 年的海城地震、1976 年的唐山地震、1988 年澜沧—耿马地震、1989 年的大同地震等几次破坏性地震后相关部门就组织了航拍,并利用航片(分辨率 0.5~2 m)进行了解译识别,判定灾区房屋倒塌率来进行灾情评估。汶川地震中利用的遥感数据种类达到了 22 种,数据量达到 TB 级,最高空间分辨率为 0.2 m^[3]。另外 1999 年土耳其伊兹米特 7.8 级地震、2001 年印度西部古吉拉特邦 7.9 级地震、2003 年伊朗巴姆地震、2003 年阿尔及利亚北部 6.8 级地震、2004 年印度尼西亚 9 级地震海啸、2008 年汶川 8.0 级地震(图 2)、2010 年玉树 7.1 级地震(图 3)、舟曲泥石流等重大灾害事件中遥感也发挥了重要的作用^[4-5]。



图 2 汶川地震后北川县城南部航空影像

上述破坏性地震中用于区域建筑物损毁情况调查的主要利用的遥感数据为:航片、Quickbird、IKONOS、TerSAR、COSMO 等数据,其空间分辨率为 0.2~1.0 m。如图 2、3 所示,汶川地震和玉树地震中进行建筑物损毁评估的遥感影像空间分辨率在 1 m 左右。根据历史破坏性地震及汶川地震中的实际应用,表明遥感影像对建筑物的损毁情况有效判别时需要 1 m 左右的空间分辨率影像和每天对灾区的重复成像能力^[6]。



A 地震前影像



B 地震后影像

图 3 玉树地震前后 Quickbird 影像

1.3 生命线工程损毁评估

生命线工程系统是指维系一个城市或区域功能的基础性工程系统,生命线工程系统的概念最早由美国地震学家在 20 世纪 70 年代正式提出,据 Duke 等的定义,它一般包括能源系统、给排水系统、交通系统和通信系统 4 种系统^[7]。当地震等突发性的自然灾害发生时,生命线工程会受到不同程度的破坏,目前利用遥感只能对道路、桥梁、水库大坝等进行监测与破坏评估。随着科技的快速发展,利用遥感影像提取道路等生命线工程逐步成为遥感应用的热点问题,利用 IKONOS、Quickbird、SPOT-5、航空影像等高分辨率影像中半自动提取道路、桥梁的研究很多^[7-19],但自动提取方法在自动化程度、适用性、准确性等方面还存在很多问题^[16],还不能够在实际中应用。

在汶川地震以前的破坏性地震中利用遥感数据对灾区生命线工程破坏进行监测评估的相关报道较少,未检索到相关文章。在汶川地震后利用遥感进行道路等生命线工程监测评估的应用则较多,如陈世荣等对汶川地震灾区 20 个县(市、区)国(省)道基础设施损毁情况进行了评估,表明在应急期间缺乏地面调查情况下,充分利用高分辨率遥感影像(利用的数据空间分辨率为 2.5 ~ 0.61 m),对道路震害损毁进行快速及较为准确的评估是可行的^[8]。任玉环等利用福卫二号全色(分辨率 2 m)和多光谱(分辨率 8 m)影像、IKONOS 多光谱影像(分辨率 4 m)、航空影像(分辨率 0.5 m)等数据采用面向对象方法对北川县及周边公路损毁情况进行了监测与评估^[9]。蔡

山等利用高遥感影像对灾区公路、地震地质灾害、房屋损毁等进行监测评估,并根据这些地震灾害情况进行了汶川地震烈度图的绘制方法研究^[10]。

1.4 次生灾害识别与监测

地震次生地质灾害是指由地震活动引起的地质灾害。地震次生地质灾害的种类比较多,主要有崩塌、滑坡、塌陷、地裂缝、砂土液化等。地震次生地质灾害的破坏作用主要表现为:危害人的生命健康,造成不同程度的人员伤亡;毁坏房屋、道路等工程设施,造成不同程度的财产损失;破坏耕地等,造成不同程度的资源损失和环境破坏。一次破坏性的地震发生后会产生大量的次生灾害,有时次生灾害导致的危害比地震灾害更大,因此需要对次生灾害进行有效识别与监测。

地震次生灾害如滑坡、泥石流、堰塞湖等,在空间尺度上表现较大,可以用中高分辨率的遥感影像进行监测与识别。例如汶川地震中采用 ETM⁺ 数据的 5, 4, 2 波段进行泥石流滑坡的遥感解译。滑坡表现为蓝灰色的同时,具有明显的滑坡后壁和滑动面特征。利用 TM、ETM⁺ 的穗帽变换、影像差值增强、密度分割和掩膜技术建立了泥石流滑坡快速提取模型^[20]。1995 年日本神户 7.2 级地震后 Mitomi 等利用 JERS、TM 多光谱影像来检测沙土液化灾害,从而间接反映地震灾害的范围及危害程度^[21]。利用 SPOT、福卫 2 号和 ALOS 卫星影像,采用人机交互解译快速获取地震诱发的崩塌滑坡、堰塞湖等次生灾害信息^[11]。

次生灾害如滑坡导致生成的堰塞湖还需要进

行实时监控,得到堰塞湖上游被淹没的地区范围、河水上涨速度等情况,从而为避免堰塞湖带来更大人员和经济损失提供可靠的依据(图4)。次生灾害的监测对空间分辨率要求并不高,但对时间

分辨率要求很高,需要每天都能获取监测区域的有效图像,如图4所示利用福卫2号多光谱影像(空间分辨率8 m)监测地震前后堰塞湖监测北川县漩坪羌族乡被淹没的情况。



A 地震前影像



B 地震后影像

图4 堰塞湖遥感监测

2 不同自然地理环境下地震灾害遥感评估

自然地理环境首先从宏观和整体上决定了不同地震灾区应急救援的环境和背景特点。如山区灾区与平原灾区的不同、河流湖泊众多灾区与干旱少水灾区的差异、气候寒冷灾区与气候炎热灾区的对比等,充分认识灾区环境背景的特点,并因地制宜地准备资料,根据获取的数据开展应急救援行动,是决定地震应急效率、效益乃至成败的重要工作之一。在不同自然地理环境下,地震除对房屋产生的危害外,其造成的主要次生灾害对遥感数据的需求是不同的。按照自然地理环境、典型次生自然灾害以及人口经济和医疗交通等方面的特点和相互间的差异性将我国分为八个地震应急区域^[12]。

本文按照地震产生的次生灾害不同分为2种:滑坡、崩塌、泥石流、堰塞湖多发区(黄土高原,云南、川西,贵州高原、川东等山区和破碎高原地区)和砂土液化、次生水灾、地震海啸多发区(华北,东南等沿海平原地区)。平原和山区除了自然地理环境不同之外,其人口分布和社会经济条件也是不同的,山区人口较平原地区分布稀疏,建筑物分布不集中,且房屋尺度较小(山区多为农村地区),交通条件差。地震后山区的道路破

坏严重,已经在历次地震中成为制约抢险救灾的主要因素,而平原地区道路的破坏对抢险救灾影响不大。

2.1 平原地区

平原地区容易产生地裂缝、砂土液化和喷水冒沙等次生灾害,如1966年邢台7.2级地震、1976年唐山7.8级地震、1995年日本阪神7.3级地震都发生在平原人口密集地区,上述这些地震除了导致房屋大量破坏之外,还产生了大量的砂土液化、喷沙冒水等次生灾害。利用遥感影像进行地震灾害评估,则要考虑灾害特点,平原城市地区房屋尺度较大,房屋震害评估需要高空分辨率(如北京一号、SPOT5、ALOS、福卫2号、IKONOS、Quickbird、IRS-P5、EROS-B、资源-DK、制图星-2、Komsat-2、WorldView、Orbview-5、GeoEye-1、RapidEye等空间分辨率优于5 m的数据)数据,而砂土液化、喷沙冒水等次生灾害的调查则需要用中高空分辨率的多光谱影像(如TM、Aster、SPOT等数据,空间分辨率在10~30 m之间)。如1995年Mitomi Y.等利用机载多光谱遥感器得到的数据进行光谱特征值分析,识别出土壤液化信息^[21];1998年Masashi Mat Suoka等通过Landsat和SPOT数据分析1995年神户地震灾情,基于光谱特征从遥感影像中分析识别并提取了严重倒塌的建筑物、震后火灾和土壤液化^[13]。

平原地区道路对应应急救援影响不是太大,因为地形平坦,道路条件较好,且不容易破坏,如图 5B 所示。

2.2 山区与高原地区

基岩山区和破碎高原的地形导致地震后容易产生崩塌、滑坡甚至泥石流灾害。全球大的山区地震都曾造成了大量的滑坡、崩塌等次生灾害。1933 年四川茂县 7.5 级地震、1964 年美国阿拉斯

加 8.8 级地震、1989 年美国洛马普里埃塔 7.1 级地震、1996 年云南丽江 7.0 级地震、1999 年台湾集集 7.3 级地震、2008 年汶川 8.0 级地震等都发生过类似的次生灾害。在这些地区地震常常导致大面积斜坡变形破坏,加速山地环境向恶性循环发展。地震诱发的坡体失稳形成滑坡所酿成的灾害甚至超过地震本身直接造成的灾害。汶川地震中产生了大量的滑坡、崩塌等次生灾害,如图 5A



A 2008 年汶川 8.0 级地震后影像

B 2011 年日本 9.0 级地震后影像

图 5 不同地理环境下地震灾害(数据来源于 Google Earth)

所示,图中沟谷中色调发白的区域为产生的滑坡、崩塌。道路也是沿着河流修建的,产生的次生灾害对道路影响较大,严重时毁坏道路或形成堰塞湖,影响道路通行、危害人民群众生命安全。

强烈地震会导致大量的滑坡、崩塌等次生灾害,而这些次生灾害面积较大,在遥感影像中表现尺度也较大,一般利用中等分辨率影像就可以对这些灾害进行调查,而且也可以取得较好的效果,如汶川地震山地灾害调查中苏凤环等就利用了 TM、ETM 影像提取了烈度从 6 度到 11 度区域的崩塌、滑坡及泥石流灾害,并对其进行了比较^[11]。在山区河流分布地带,滑坡、崩塌会形成堰塞湖。堰塞湖容积、湖面上升速度、坝体安全等的监测就需要有高时间分辨率的遥感影像,获取灾区多景数据对比观测。还需要利用 DEM 数据和遥感影像叠加制作三维遥感影像提高识别效率,准确计算崩塌体积、湖水容积等,如图 6 所示。目前高时间分辨率的卫星遥感数据源有福卫 2 号(1 天)、IKONOS(1.5~3 天)、Worldview(1.7 天)、KOMP-

SAT-2(3 天)、Quickbird(4 天)、TerraSAR-X(2.5~4.5 天)。汶川地震 2 天后才拿到有用的光学数据(福卫 2 号),因为 5 月 13 日福卫过境时地震灾区有云,没有获取有效数据。汶川地震中光学影像受天气影响较大,拿到的有效光学数据不多。多雨、云的天气会影响光学遥感的监测,此类地区应注意利用高分辨率的雷达与光学影像互为补充进行监测。

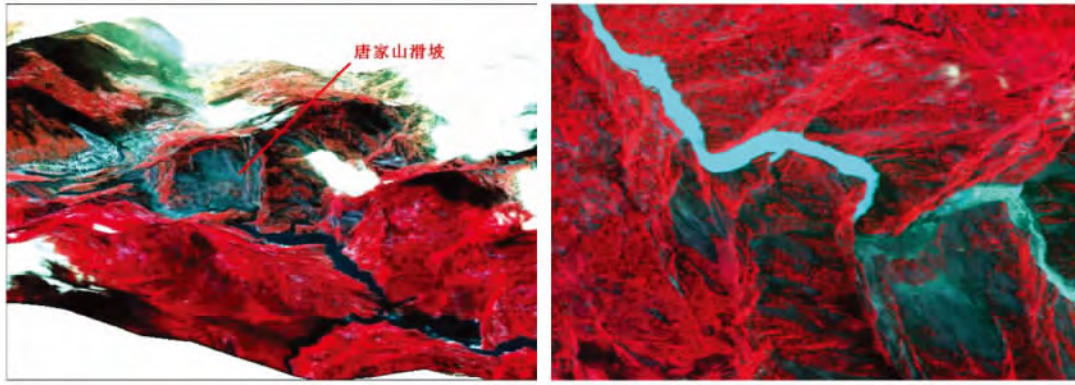
3 地震灾害遥感评估中的主要因素

3.1 空间分辨率

空间分辨率是指遥感影像上能够识别的 2 个相邻地物的最小距离,遥感影像的空间分辨率影响地物识别的准确性及精度。地理环境是由不同大小的真实地理实体所组成,用一个尺度去识别影像中所有的类别是不合适的。遥感技术为地表特征提供了丰富的面状信息,景观空间异质性决定了地表信息在不同的空间尺度具有不同的应用模型,只有在最合适的尺度下观察和分析地物才

会取得较好的效果。强烈地震会导致人工建筑物(房屋、道路、桥梁、大坝等)损毁,在一定的地理环境下产生严重的次生灾害(滑坡、崩塌、泥石流、堰塞湖、火灾等)。这些灾害在空间尺度特征上是不一样的,识别与监测它们所需遥感影像的空间分辨率也应不同。地震应急中既需要中等分

辨率影像也需要高分辨率影像,应根据需要选取特定数据。目前航天遥感影像空间分辨率为米级(商业卫星空间分辨率为 0.41 m),航空影像空间分辨率为分米级(0.06 m),图像中建筑物清晰可辨,遥感影像空间分辨率已经不是制约遥感技术在地震灾害评估中应有的因素(图 7)。



A 唐家山滑坡三维立体显示

B 唐家山滑坡形成堰塞湖

图 6 次生灾害遥感监测



A 0.6m Quickbird 影像

B 0.06m 航空影像

图 7 高分辨率遥感影像

3.2 时间分辨率

时间分辨率是关于遥感影像间隔时间的一项性能指标。遥感探测器是按一定的时间周期重复采集数据,这种重复观测的最小时间间隔称为时间分辨率。根据遥感系统探测周期的长短将在轨卫星划分为 3 类:超短或短周期时间分辨率卫星(以小时为单位用来反映 1 天以内的变化);中周期事件分辨率卫星(以天为单位用来反映月、旬、

年内的变化);长周期时间分辨率卫星(较长时间间隔的,用以反映年为单位的变化)。地震灾害具有突发性、影响范围广等特点,要求利用遥感影像来监测的时候必须要有高时间分辨率,能够实时反映地震灾害^[26]。

目前在轨的超短或短周期时间分辨率卫星主要有极轨和静止气象卫星,这些卫星具有高时间分辨率(几十分钟或几个小时重复观测一次),但

空间分辨率为几公里,如 NOAA 卫星空间分辨率为 1~50 km 之间,对地震灾害造成的人工建筑物损毁无法判断。福卫 2 号卫星时间分辨率为 1 天,空间分辨率为 2~8 m,能够对地震灾害提供有效数据,例如汶川地震中最早获取的光学影像数据就是福卫 2 号卫星提供的(2008 年 5 月 14 日北川地区福卫 2 号影像)。地震灾害应急遥感监测评估中理想时间分辨率是以小时为单位,当地震一发生就能得到灾区的影像资料,目前在轨卫星还无法满足这个要求。时间分辨率与空间分辨率之间是矛盾的,单颗卫星无法具有高时间分辨率和高空间分辨率性能,多颗卫星同时监测或在特定区域内监测才能达到高时间和空间分辨率的性能指标。时间分辨率制约着遥感数据的获取时间,在地震应急中时间要求是非常高的,一般需要在震后 6~24 小时内拿到数据才能为应急救援提供数据支持,而目前这么短的时间内很难拿到数据,因此时间分辨率依然是制约遥感在地震应急中应用的重要因素之一。

3.3 光谱分辨率

光谱分辨率指传感器所选用的波段数量的多少、各波段的波长位置、及波长间隔的大小。选择的波段数、波段波长、带宽决定着传感器的光谱分辨率。按照光谱来分,可以分为光学、近红外、远红外、微波等。目前常用于地震应急的遥感影像为光学和雷达影像。对地震导致的房屋损毁、次生山地灾害等情况,还没有特定的光谱波段来表征它,因为地震是小概率事件,相关研究较少。因此要对常用的遥感影像波段进行分析,研究哪些波段及波段组合能够较好反映灾害特征还是很有必要的。

一般的光学遥感包含红、绿、蓝、近红外 4 个波段。红波段对区分有无植被、覆盖度及植物健康状况极为敏感;绿波段对植被的绿反射敏感,用以识别植被类别与植物生产力;蓝波段对于水的穿透力最大,可获得更多的水下细节,对叶绿素反映敏感;近红外波段,为植物通用波段,其与背景土壤形成明显对比,能较好地区分不同覆盖度作物的长势。常用的湿度指数、绿度指数、植被指数(NDVI)、建筑指数(NDBI)特征反映一个地区的植被覆盖度、建筑物分布情况^[14],地震后影像处理时可以利用这些特征指数间接提取灾害特

征,如在植被覆盖较好的山区发生地震,会导致大量的山地灾害(滑坡、崩塌、泥石流等),而湿度指数和绿度指数能够较好表征植被覆盖度,因此可以利用这些指数建立灾害体提取模型,并取得了较好的效果^[15]。

常用的成像雷达主要是指合成孔径雷达(SAR),一般常用 X、C、L 波段,它们是按波段波长来划分的,其中 X 波长最短, L 最大。SAR 图像的亮度值代表雷达回波强度的大小,它受介电常数、地形、表面粗糙度等多种因素影响。根据 SAR 图像生成原理,完整建筑物如小型房屋其散射在图像中表现为在入射角方向有较强的散射,形成一条亮线,并由于屋顶的遮挡会形成阴影;损毁的房屋,由于屋顶的破坏、墙体倒塌等会形成多个二面角,故在图像中形成了多个不规则的亮点、线,且阴影较小或没有阴影。次生灾害如滑坡、泥石流等一般都具有较周围地物含水量高、表面粗糙的特征,可以利用这些特点来监测和识别次生灾害,如图 8 所示,水体、周边地物与滑坡、崩塌在波谱特征上有明显的不同。

3.4 遥感图像处理技术

遥感图像是地物电磁波谱特征的实时记录,不同地物在遥感影像中表现出不同的光谱特征、空间特征、时间特征,因而可以根据这些特征的不同识别和区分不同的地物。一般遥感数据对于我们来说只是一种可能会提供有用信息的数据,并非直接地提供给我们需要的信息,是通过图像上复杂形式的色调、结构及它们的变化表现出来的,需要我们去分析处理遥感影像数据才能获取我们所感兴趣的信息。

遥感数据的处理方法包括图像预处理和信息提取。其中遥感数据的预处理包括图像校正、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,并对其进行空间定位。卫星影像可以实现无控制点纠正,但其在数据获取时间上目前很难满足应急需求。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,像汶川大地震中拍摄的航片数据量超过 1T,数据预处理就需要很长时间,很难满足快速获取灾区灾情的要求。遥感图像灾害信息提取,从最初的人工目视解译发展到了计算机自动

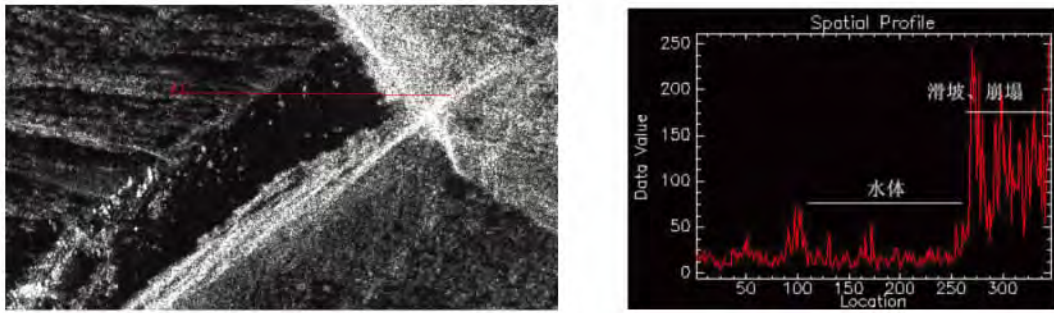


图 8 北川震后 COSMO 影像波谱特征分析

分类阶段 通过许多专家的研究探索,虽然发展了多种震害自动提取的方法^[16-42],这些方法多基于地震前后多期统一传感器影像进行变化监测,而地震后一般都很难拿到这样理想的数据,需要处理异源多期影像(雷达与光学、光学与光学)、震后单景影像,提取感兴趣的信息非常困难。震害信息自动提取方法的精度远远没有达到实用化的程度,目前还处于探索阶段。目前震害信息提取,人机交互判读更为实用,但还不能满足灾后应急的需求,需要大力发展震害图像处理技术。

4 总结与讨论

本文分析地震应急遥感监测不同目的不同需求,得到需要的遥感数据是不同的。目前就在轨卫星来看对于分析地质构造背景已经能够满足要求,有多种数据源可以提供数据。区域建筑物、生命线工程损毁情况判读的话,一般需要 0.5 ~ 1.0 m 的高分辨率影像,而且需要高时间分辨率数据,卫星遥感数据还需提高空间、时间分辨率,航空遥感虽然具有高空间、时间分辨率,但数据获取后预处理工作量大,很难满足应急需求。次生灾害识别与监测需要中空间分辨率、高时间分辨率数据,需要实时进行监测。地震发生的地区不一样时,对遥感影像的需求也是不一样的,当地震发生在平原地区时,主要监测房屋损毁情况,次生灾害如砂土液化、喷沙冒水等危害并不是很紧急,因此需要高分辨率影像来判定房屋倒塌情况确定重灾区范围;当地震发生在山区时,山区居民点分布分散,房屋面积较小在遥感影像中识别困难,但产生的次生灾害(滑坡、崩塌、泥石流)尺度较大,在影像中灾害特征明显,只需较高空间分辨率(空间分辨率 10 ~ 15 m)数据即可大致判定重灾

区。

根据本文对遥感在地震应急中的实际应用和在轨卫星分析,目前遥感在地震应急中的应用存在的问题解决方法为:①发射高时间、空间分辨率遥感卫星或卫星星座,做到发生破坏性地震后几个小时就能拿到有效数据。②遥感图像处理技术还需大力发展,提高自动化程度和精度。在地震灾害信息提取方面需借鉴其他领域相关成果(农业、环境、城市规划等),毕竟地震行业中遥感应用技术研究相对薄弱。③需加强异源遥感数据、震后单景影像和成像雷达数据的分析与处理。既在地震发生后拿到的数据常常就是不同传感器拍摄的数据,需要对它们进行分析提取有效信息。天气情况会导致光学影像失效,而雷达影像不适合目视判读。④需建立合作机制,加强数据共享,优势互补,尤其在巨灾面前需要多部门合作。⑤加强基础数据收集,尤其是 TM/ETM 影像可以免费获取,建立全国影像库或区域影像库,针对地震重点监视防御区收集较高分辨率影像如 Alos 影像,以备地震应急之用。

参考文献:

- [1] 北京大学地震地质教研室. 地震地质学[M]. 北京:地震出版社,1982:23-35.
- [2] 魏成阶,刘亚岚,王世新,等. 四川汶川大地震震害遥感调查与评估[J]. 遥感学报,2008,12(5):673-682.
- [3] 范一大,杨思全,王磊,等. 汶川地震应急监测评估方法研究[J]. 遥感学报,2008,12(6):858-864.
- [4] M. TURKER and B. T. SAN. Detection of Collapsed Buildings Caused by the 1999 Izmit, Turkey Earthquake through Digital Analysis of Post-event Aerial Photographs[J]. INT. J. Remote Sensing, 2004, 25

- (21): 4 701 - 4 714.
- [5] Charles K. Huyck, Beverley J. Adams, Sungbin Cho, et al. Towards Rapid Citywide Damage Mapping Using Neighborhood Edge Dissimilarities in Very High-Resolution Optical Satellite Imagery—Application to the 2003 Bam, Iran, Earthquake [J]. *Earthquake Spectra*, 2005, 21(S1): 255 - 266.
- [6] 李德仁, 陈晓玲, 蔡晓斌. 空间信息技术用于汶川地震救灾 [J]. *遥感学报*, 2008, 12(6): 841 - 851.
- [7] 郭纯生, 刘春侠, 蔡建美. 2008 年初冰雪灾害对生命线工程的几点启示 [J]. *防灾科技学院学报*, 2008, 10(2): 91 - 95.
- [8] 陈世荣, 马海建, 范一大, 等. 基于高分辨率遥感影像的汶川地震道路损毁评估 [J]. *遥感学报*, 2008, 12(6): 949 - 954.
- [9] 任玉环, 刘亚岚, 魏成阶, 等. 汶川地震道路震害高分辨率遥感信息提取方法探讨 [J]. *遥感技术与应用*, 2009, 24(1): 52 - 56.
- [10] 蔡山, 张景发, 陈文凯, 等. 利用遥感资料绘制汶川地震烈度图方法研究 [J]. *大地测量与地球动力学*, 2009, 29(1): 31 - 35.
- [11] 范建荣, 张建强, 田兵伟, 等. 汶川地震次生灾害毁坏耕地的遥感快速评估方法 [J]. *遥感学报*, 2008, 12(6): 917 - 924.
- [12] Masashi Matsuoka and Fumio Yamazaki. Identification of Damaged Areas Due to the 1995 Hyogoken - Nanbu Earthquake Using Satellite Optical Images [C] // Proceedings of the 19th Asian Conference on Remote Sensing, Q9, 1998: 1 - 6.
- [13] Yanfang Dong, Qi Li, Aixia Dou, Xiaoqing Wang. Extracting Damages Caused by the 2008 Ms 8.0 Wenchuan Earthquake from SAR Remote Sensing Data [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2011, 40: 907 - 914.
- [14] 苏桂武, 邓砚, 最高众. 中国地震应急宏观分区的初步研究 [J]. *地震地质*, 2005, 27(3): 382 - 393.
- [15] 苏凤环, 刘洪江, 韩用顺. 汶川地震山地灾害遥感快速提取及其分布特点分析 [J]. *遥感学报*, 2008, 12(6): 956 - 963.
- [16] 杨军杰, 张志, 王旭, 等. 汶川县地震次生山地地质灾害遥感调查 [J]. *山地学报*, 2008, (6): 755 - 760.
- [17] 邵芸, 官华泽, 王世昂, 等. 多源雷达遥感数据汶川地震灾情应急监测与评价 [J]. *遥感学报*, 2008, 12(6): 865 - 870.
- [18] Mitomi, Y. & Takeuchi, S. Analysis of Spectral Feature of the Damaged Areas by Liquefaction and Fire Using Airborne MSS Data [C] // 18th Japanese Conference on Remote Sensing. 1995: 117 - 118.
- [19] 陈志强, 陈健飞. 基于 NDBI 指数法的城镇用地影像识别分析与制图 [J]. *地球信息科学*, 2006, 18(2): 137 - 140.
- [20] 文贡坚, 王润生. 从航空遥感图像中自动提取主要道路 [J]. *软件学报*, 2000, 11(7): 957 - 964.
- [21] 朱长青, 王耀革, 马秋禾, 等. 基于形态分割的高分辨率遥感影像道路提取 [J]. *测绘学报*, 2004, 33(4): 347 - 51.
- [22] 汪闯, 骆剑承, 周成虎, 等. 结合高斯马尔可夫随机场纹理模型与支撑向量机在高分辨率遥感图像上提取道路网 [J]. *遥感学报*, 2005, 9(3): 271 - 276.
- [23] Mena JB, Malpica J A. An Automatic Method for Road Extraction in Rural and Semi-urban Areas Starting from High Resolution Satellite Imagery [J]. *Pattern Recognition Letters*, 2005(26): 1 201 - 1 220.
- [24] Dal Poz P, Zanin R B, Vale G M. Automated Extraction of Road Network from Medium and High-resolution Images [J]. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 2006, 16(2): 239 - 248.
- [25] 朱长青, 邹芳, 杨云. 基于结点扩展的高分辨率遥感影像道路提取 [J]. *华中科技大学学报*, 2009, 37(1): 27 - 29.
- [26] 李光耀, 胡阳. 高分辨率遥感影像道路提取技术研究及展望 [J]. *遥感信息*, 2008(1): 91 - 95.
- [27] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 188 - 190.
- [28] 张德成. 建筑物震害航空照片目视判读标志的初步研究 [J]. *地震*, 1993, 13(2): 26 - 30.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 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.
- [32] 丁军, 王丹. 遥感图像上城市震害信息的获取及其应用 [J]. *灾害学*, 1996, 11(1): 82 - 86.
- [33] 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.

- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] 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.
- [37] 郭华东,鹿琳琳,马建文,等. 一种改进的地震灾害倒塌房屋遥感信息自动识别方法 [J]. 科学通报,2009,54:2 581 - 2 585.
- [38] 陈文凯,何少林,张景发,等. 基于 ERDAS 二次开发的震害图像信息提取方法研究 [J]. 华南地震,2009,29(2): 19 - 27.
- [39] 雷莉萍,刘良云,张丽,等. 汶川地震房屋倒塌的遥感监测与分析 [J]. 遥感学报,2010,14(2): 333 - 344.
- [40] 董燕生,潘耀忠,方伟华,等. 基于面向对象技术的建筑物震害识别方法研究 [J]. 地震研究,2011,34(3): 372 - 377.
- [41] 胡步清,何政伟,邓磊,等. 多尺度下的遥感震害异常区快速提取方法 [J]. 地理空间信息,2011,9(4): 88 - 90.

ANALYSIS ON APPLICATION FACTORS FOR THE REMOTE SENSING IN EARTHQUAKE EMERGENCY ASSESSMENT

PEI Huijuan¹, CHEN Wenkai², AN Peijun¹

(1. Lanzhou Branch of the National Science Library Scientific Information Center for Resources and Environment, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

2. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Effective application of remote sensing in Wenchuan earthquake and Yushu earthquake shows that the requirement of remote sensing in important natural disasters is increasingly outstanding. Based on particularity of earthquake disaster evaluation, the different demand of RS was discussed for the various monitored object in earthquake emergency response; In different Geographical Environment, focus of RS monitoring is different. The remote sensing data and practical cases of earthquake emergency response were analyzed and application actuality of RS in earthquake emergency response was educed. The restriction factors of remote sensing were time resolution and image processing technology. Finally, some questions and suggestions were proposed to remote sensing technology in earthquake disaster rapid response.

Key words: Earthquake rapid response; Disaster evaluation; Application factors of RS