

MATLAB 软件与 ALOS 遥感影像在 震害建筑物自动识别中的应用 ——以都江堰市区为例

曾繁如^{1,2}, 何政伟^{1,2}, 李 喆^{1,3}

(1. 成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059;

2. 成都理工大学 数字国土与生态科学研究所, 四川 成都 610059;

3. 成都市国土资源局 国土规划地籍事务中心, 四川 成都 610000)

摘要:利用遥感技术进行震害建筑物的自动识别可为震害的快速评估与救灾决策提供科学可靠的依据。本文从震害建筑物在高分辨率遥感影像下灰度的特征入手,以 5·12 汶川特大地震后都江堰市区 ALOS 遥感影像为数据源,在 MATLAB 平台下对影像进行灰度增强处理、数学形态学重构以及连接、填充处理,并结合区域统计特性最后自动识别震害房屋。结果表明,利用 ALOS 影像丰富的纹理特征及空间结构信息与 MATLAB 在数学形态学处理中的优势能够准确有效地提取震害建筑物信息。

关键词: MATLAB 软件; ALOS 遥感影像; 震害建筑物; 自动识别; 数学形态学; 都江堰市区

中图分类号: P315.9; TP75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2009)04-0327-06

Application of MATLAB Software and ALOS Remote Sensing Image to Automatic Recognition of Earthquake Damage Building: Take Dujiangyan Urban As an Example

ZENG Fan-ru^{1,2}, HE Zheng-wei^{1,2}, LI Zhe^{1,3},

(1. Chengdu University of Technology, State Key Laboratory of Geohazard Prevention & Geoenvironment Protection, Chengdu 610059, China; 2. College of Earth Sciences Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059, China;

3. Capitastrum Affairs Center, Land and Resources Bureau of Chengdu City, Chengdu, 610000, China)

Abstract: Remote sensing technology can provide a reliable scientific basis to the aspect of automatic recognition of earthquake damage building in the rapid evaluation and rescue decision. In this paper, based on the data of ALOS remote sensing image on Dujiangyan urban area after 5·12 Wenchuan great earthquake, taking the image characters of earthquake damage buildings from high resolution remote sensing as the starting point, using MATLAB software to processings of gray enhancemen, mathematic morphology reconstruction, bridge and filling, the damage buildings are automatically recognized. The result shows that it can accurately extract the earthquake damage building information by using abundant textural property and spatial structure information of ALOS remote sensing image and MATLAB's advantages in mathematics morphology.

Key words: MATLAB software; ALOS remote sensing image; Earthquake damage building; Auto-

收稿日期: 2008-11-20

基金项目: 国家 863 重点项目(2007AA120306)

作者简介: 曾繁如(1985—), 女(汉族), 广西贺州人, 硕士研究生, 从事遥感与 GIS 应用研究。

0 引言

大地震后及时调查灾害的分布和数量,进行震害的快速评估和有效的救灾决策,是降低地震灾害损失的有效途径。利用遥感技术在第一时间进行震害调查是一种快速、高效和便捷的方法,同时也可作为救灾行动和减灾决策提供重要的基础信息^[1]。MATLAB 绝大多数的运算都是通过矩阵的形式进行的,而数字遥感图像是一个整数阵列,因此用 MATLAB 处理遥感图像非常的方便,决定了 MATLAB 在处理数字图像上的独特优势。本文根据震害建筑物在高分辨率遥感影像下的特征。在 MATLAB 中进行图像增强处理、形态学重建和边缘检测,对汶川大地震后四川都江堰市区的 ALOS 遥感影像进行处理,获取震害建筑物边界。本研究为地震灾害调查、震害损失评估提供了一种迅速、高效的手段和方法。

1 研究的可行性分析

1.1 震害建筑物在高分辨率遥感影像下的特征

建筑物一般所用建筑材料相对比较单一,在图像上为单一的亮色调,变化小。而对于其他地物,如水体、植被等,相对于房屋建筑而言亮度比较低。对于倒塌的房屋建筑,由于没有规则的几何外形,倒塌区域比较粗糙,倒塌截面斑块状的低灰度区域分布很明显。所以,如果能够首先将作为前景的建筑物(包括倒塌地房屋建筑)与作为背景的植被、道路、河流等地物分离开来,此时在这些破坏区图像上的低灰度值区域就会出现一系列相互不连通的“洞”;把这些“洞”提取出来,就有可能实现震害房屋破坏信息的自动识别。

1.2 MATLAB 在遥感图像处理中的特点

MATLAB 软件的运算绝大多数都是通过矩阵的形式进行的,运算效率极高;命令与通用数学符号和公式非常接近,故其可读性强,易于掌握。

MATLAB 提供的图像处理(Image Processing)工具箱能支持多种图像数据格式,包括遥感遥测领域所用到的特殊图像文件。该工具箱中还存有众多通用的数学形态学函数,可用于处理二值图像或灰度图像,并可利用数学形态学理论灵活地构造出许多数学形态学结构元素和形态学算子,快速实现边缘检测等算法;另外象填充处理这类专用的数学形态学函数都可用以处理多维图像数据。此

外,该软件还可利用其附带的高级编程语言进行编程,完成更为复杂的特定工作^[2]。

相比之下,虽然一些常用的遥感图像处理软件(如 ENVI 等),也已融合了一些数学形态学处理功能,但在灵活性上却远不如 MATLAB,大多只能用于进行一些简单的分类后处理,难以体现数学形态学在图像处理中的优势。有鉴于此,本文选用了 MATLAB7.1 来完成文中所有的图像处理工作。

1.3 ALOS 在遥感图像处理中的特点

ALOS 卫星(Advanced Land Observation Satellite)于 2006 年 1 月 24 日在日本南部种子岛航天发射中心(NTSC)发射。该卫星载的全色立体测绘仪(PRISM)影像具有丰富的影像纹理特征及空间结构信息^[3],空间分辨率为 2.5 m。

本次研究选取了 2008 年 6 月 4 日的都江堰市 ALOS 的 PRISM 遥感影像。由于该影像的成像时间相对来说较晚,有些震塌建筑物已是裸露的钢筋或混凝土,都是高亮度的,在影像上呈现“孤岛”。若能保持这些“孤岛”中的“洞”信息,也可完成震害建筑物信息提取工作。

1.4 技术路线

由此可见,根据震害建筑物在本次选取的遥感影像下的特征,在 MATLAB 软件下利用 ALOS 遥感影像提取震害建筑物是完全可行的。首先对原始影像进行对比度拉伸,得到增强了的灰度图像,即可初步去除植被,保留“孤岛”;然后运用数学形态学重构的方法剔除道路和河流;再用 Canny 边缘检测算子检测出建筑物的边界,用 Bridge 连接进行影像的后处理得到建筑物的封闭边界;最后利用 Imfill 填充背景即可把灾害建筑物和“洞”提取出来。技术路线见图 1。

2 研究区震害概况

在 2008 年 5 月 12 日汶川大地震造成都江堰市全域性破坏,人员伤亡惨重,城乡房屋毁损严重,基础设施严重破坏。建设用地受损 9 016 公顷,占全市建设用地面积的 63.95%;其中城镇受损 1 700 公顷,占全市城镇用地的 84.07%;农村居民点受损 5 397 公顷,占全市农村居民点用地的 79.99%;独立工矿受损 1 100 公顷,占全市的 49.97%;交通、水利等基础设施用地受损 818 公顷,占全市的 50.10%。

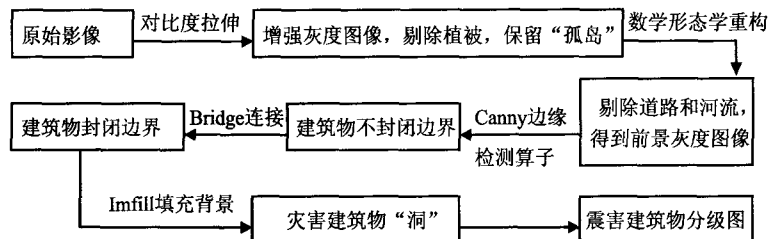


图1 提取震害建筑物信息技术路线图

Fig. 1 Technology road for extracting damage building information.

3 研究区震害建筑物自动识别的实现

3.1 图像灰度增强

为了得到较好的图像处理效果首先要进行图像增强处理。为保留低灰度区域的信息,不可采用深度滤波运算进行增强,因为本文采用的震害房屋识别方法的基础就是利用各区域内低灰度区域的信息来进行识别的,而这些低灰度区域相对于整个区域来说与椒盐噪声具有相类似的特点,故去噪滤波不可避免地要损失这方面的信息。本文采用对比度拉伸变换实现图像的灰度增强。

在 MATLAB 中,用函数 1 对整幅图像完成对比度拉伸,该函数可将输入值低(高)于 m 的灰度级压缩为输出图像中较为暗(亮)灰度级的较窄范围内,以增强效果:

$$g = 1 ./ (1 + (m ./ (\text{double}(f) + \text{eps})) .^ E)$$

其中, f 为输入的图像; g 是输出图像; E 为控制函数的斜率;使用 eps 可避免图像 f 出现 0 值时的溢出现象。

为了不损失某些灰度信息,提高处理效果,本文采取分幅处理的自适应方法。分别通过对图像的直方图进行分析,选取 m 值和 E 值。从图 3 可以看出,通过灰度增强处理可以把植被信息剔除,也保留了“孤岛”信息。

3.2 提取前景灰度图像

主要是将作为前景的建筑物(包括倒塌地房屋建筑)与作为背景的道路、河流等地物分离开来,从而提取出前景灰度图像。本文针对亮度问题,结合数学形态学的图像处理方法对图像做了相关的处理。

3.2.1 结构元素的选取

数学形态学是基于图像内部几何特征的图像处理方法,特别适合提取图像中具有一定几何特征的要素。对图像进行数学形态学变换时能否取得预期的图像处理效果,主要取决于对结构元素的选取和



图2 原始影像

Fig. 2 Original image.

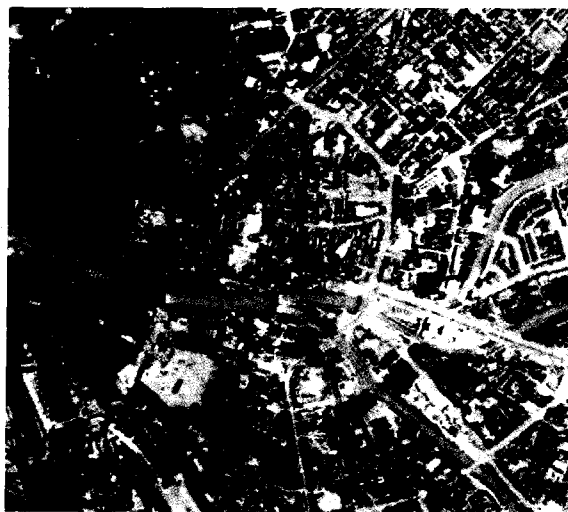


图3 灰度增强影像

Fig. 3 The gray enhancement image.

对数学形态学算子的设计。不同结构元素的选择将影响到对不同几何信息分析和处理的运算,也决定了变换所使用的数据分布形式和数据量,即决定了计算的复杂程度^[4]。在图像处理过程中,对结构元素的选取主要考虑两个因素:(1)所需提取的对象的

几何特点结构;(2)结构元素的形状和尺寸等属性对数学形态学变换的影响。

在 MATLAB 中,运用 `strel` 函数可以运用各种形状和大小构造结构函数,其基本语法为:

`se = strel(shap,parameters)`

其中, `shap` 是制定希望形状的字符串; `parameters` 是指定形状信息(如其大小)的一系列参数,它可以构造菱形(diamond)、圆盘型(disk)、线性(line)和矩形(rectangle)等结构元素。

3.2.2 剔除道路和河流,获取前景灰度图像

由遥感影像上的特征可知,道路和建筑物的亮度相对较大,其次是河流。若对影像直接进行灰度分割,剔除道路和河流的同时也会把建筑物去除。由于道路和河流都具有线性条带的形状特征,故可考虑进行数学形态学中的形态重建来提取道路与河流,再与原图像相减,从而剔除道路和河流。

从图 3 可知道路呈发散的条带状,为提取图上线性特征,去除非线性特征,特引入四个线性结构元素: `se=[line',35,80]`,其长度为 35,方向为 80° ; `se=[line',40,160]`,其长度为 40,方向为 160° ; `se=[line',40,45]`,其长度为 40,方向为 45° ; `se=[line',50,130]`,其长度为 50,方向为 130° 。分别利用这四个结构元素对图像进行腐蚀运算,而后求取并集,遂获得如图 4 所示的结果。

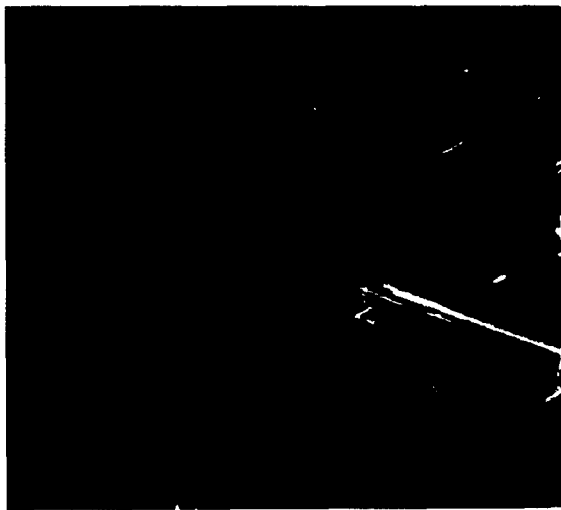


图 4 标记图像

Fig. 4 The image used marker.

形态学重建则是根据一幅图像(称为掩模图像)的特征对另外一幅图像(称为标记图像)进行重复膨胀,使得膨胀所得的结果能够强调掩模图像中的主要图像。要得到一条完整的道路,就必须获得一个能够包含图像中所有道路标记点的图。分别以图

4、图 3 作为标记图像和掩模图像,进行形态学重建运算,其结果如图 5 所示。

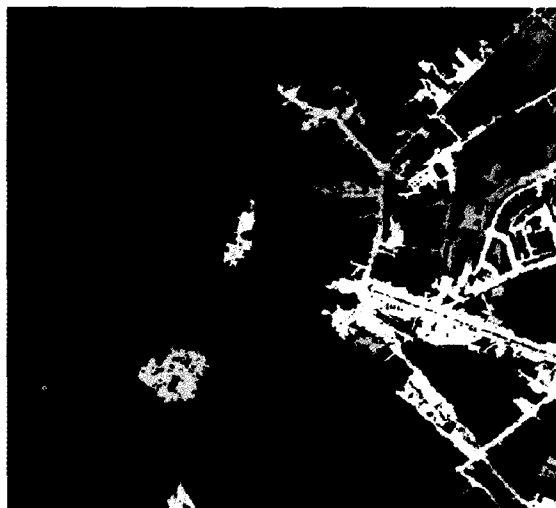


图 5 重建运算后的图像

Fig. 5 The reconstruction image.

用图 3 减去图 5,得到前景灰度图像(图 6),图 6 中河流和道路都被剔除。主要代码如下。

```
se1 = strel('line',40,160); fe1 = imerode(f,se1);
se2 = strel('line',40,80); fe2 = imerode(f,se2);
se3 = strel('line',50,130); fe3 = imerode(f,se3);
se4 = strel('line',40,30); fe4 = imerode(f,se4);
```

‘腐蚀运算’

```
fe = fe1 + fe2 + fe3 + fe4;
```

‘对 4 个腐蚀运算后的图像求并集’

```
[m,n] = size(f);
for k = 1:m
    for x = 1:n
        if (f(k,x) < fe(k,x))
            fe(k,x) = f(k,x);
        end
    end
end
```

end ‘标记图像像素值小于或等于掩模图像,

得到标记图像’

```
f_obr = imreconstruct(fe,f); ‘进行影像重建’
```

```
f_thr = imsubtract(f,f_obr); ‘从原图像中减去开
运算重建的结果,得到前景灰度图像’
```

3.3 建筑物的边界提取

在众多成熟的边缘检测算子当中,Canny 边缘检测算子效果是最好的,它利用两种不同的阈值分别检测强边缘和弱边缘,并且仅当弱边缘和强边缘相连时才将弱边缘包含在输出的图像中。因此该方法不容易被噪声“填充”,能够快速的检测出真正图

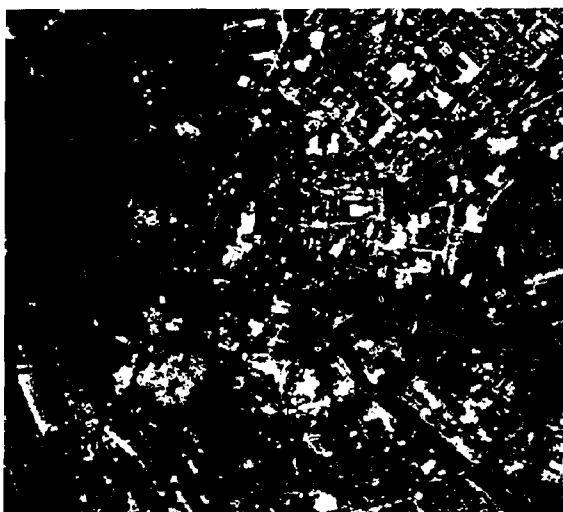


图6 前景灰度图像

Fig. 6 The building gray image.

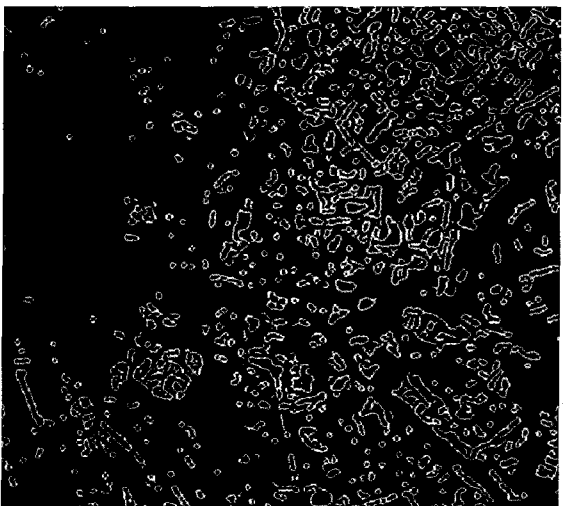


图7 建筑物封闭边界

Fig. 7 The closed boundary of building.

像边缘。在 MATLAB 中,可以利用 Canny 边缘检测器进行建筑物边界的提取,其语法为:

$$[g,t] = \text{edge}(f, \text{'canny'}, T, \text{sigma})$$

其中, T 是一个向量 $T = [T_1, T_2]$, 为两个不同的阈值,若未指定 T 值则自动计算阈值; sigma 是平滑滤波器的标准偏差,默认值为 1。

经实验,通过默认值计算得到的图像与想要得到的具有清晰边缘的目标相差较大,本文选用的 T 为 $[0.04, 0.1]$, sigma 为 1.5。最后运用 $\text{Bwmorph}(f, \text{'bridge'})$ 进行分隔像素的连接,如图 7 所示。

3.4 震害建筑物“洞”的提取

在高分辨率遥感影像上完好房屋的表面呈现出均一的图像纹理特点,而倒塌房屋或者半倒塌房屋由于破坏截面比较粗糙,在图像上呈现出斑块状的

低灰度值区域;同时,在可见光遥感影像上城市房屋建筑均表现出高亮度,而植被、道路、河流等的亮度都较低;另外,由于成像时间的特殊性有些震塌建筑物已是呈现高亮度的裸露钢筋或混凝土的,在影像上呈现“孤岛”。

本文实现了前景的建筑物(包括倒塌地房屋建筑)与作为背景的植被、道路、河流等地物分离后,在这些破坏区图像上的低灰度值区域就会出现一系列相互不连通的“洞”,可作为一个重要的独立特征来表征房屋的破坏性状。本文通过 Imfill 函数填充建筑物外边界得到“洞”区域,如图 8 所示。

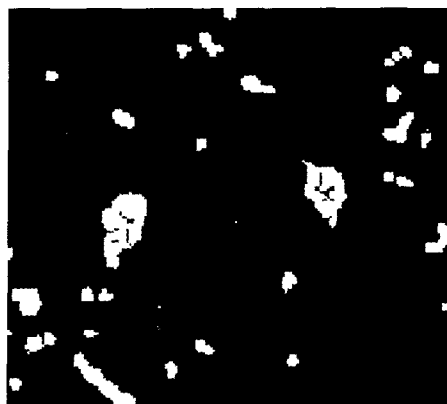


图8 震害建筑物“洞”

Fig. 8 The damage building 'hole'

3.5 震害建筑物分级及精度检验

对于震害建筑物的分级,目前在国内外尚无经验可借鉴,所以各种分类参数及其值是在理论分析的基础上,对图像进行多次试验性分类,结果与目视解译结果进行对比筛选之后确定的,具有一定的经验属性^[6]。

利用 ARCGIS 软件对“洞”区域(包括孤岛里的洞信息)的二值图像进行交互式矢量化,建立拓扑关系,添加“洞序号”与“洞周长/区域周长”字段,根据逐个赋予相对应的“洞序号”,计算各个“洞”区域的洞周长/区域周长的值,经过反复多次试验,对于本实验区的震害分类分级参数的取值见表 1。

表1 都江堰市区房屋震害分级参数

破坏分级	洞周长/区域周长	描述
零级破坏	≤ 0.06	基本完好
一级破坏	> 0.9	破坏

根据“洞周长/区域周长”字段对图像进行重分类得出震害建筑物分级图如图 9,对比经过实地验证的人工目视解译结果图(图 10),正确率达到 80%,证明本论文的方法实用可行。

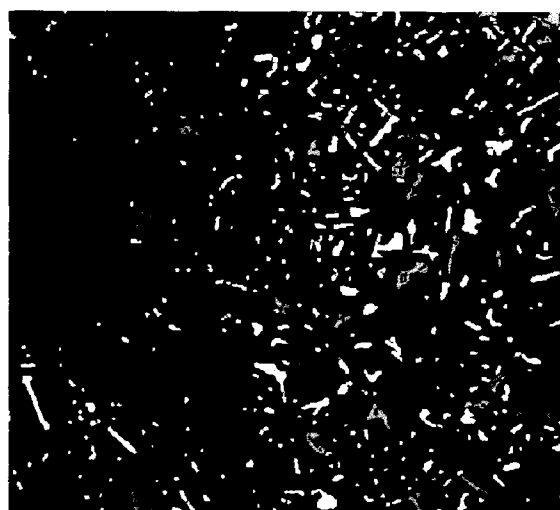


图9 震害建筑物分级图

Fig. 9 The damage building classification map.

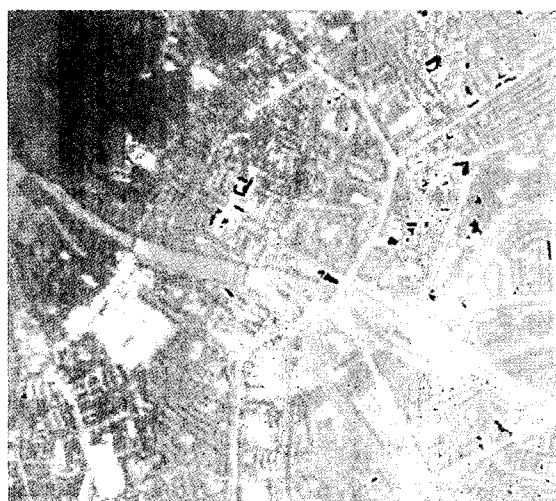


图10 人工目视解译图^[6]

Fig. 10 The artificial visual interpretation map^[6].

4 结论

本文利用ALOS的PRISM遥感影像具有丰富的影像纹理特征及空间结构信息和MATLAB数学形态学函数可以灵活地构造出许多形态学结构元素的特点,在MATLAB软件下对都江堰市区在5·12汶川大地震后的遥感影像进行了灰度增强处理,从而剔除植被;再运用形态学重构的方法剔除了作为背景的道路和河流,获得前景灰度图像;通过Canny的边缘检测,Bridge连接和Imfill填充,最终有效的获取震害建筑物“洞”信息,从而为震后震害信息的快速提取、减灾决策、震害评估等工作的迅速展开提供基本的决策信息。若今后能结合建筑物的

其他几何特征(例如阴影特征等)进行识别,将其识别结果做为震害建筑物目标的依据,则可以更为准确地提取出震害建筑物,更具有实际应用价值。

[参考文献]

- [1] 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.
- [2] 吴学文. 基于数学形态学的高分辨率遥感影像道路提取研究[D]. 福建:福建师范大学,2007:1-64.
- [3] 何宇华,谢俊奇,刘顺喜. ALOS 卫星遥感数据影像特征分析及精度评价[J]. 地理与地理信息科学,2008,24(2):23-26.
- [4] 毕金元,宋良图. 一种基于数学形态学的空间遥感图像中弱目标检测算法[J]. 遥感信息,2005,(3):3-6.
- [5] 柳稼航. 利用遥感技术进行城市建筑物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遥感与空间信息应用研究中心,2003:1-84.
- [6] 稻葉義之,大場章弘,嚴綱林. ALOS/PRISM 画像を用いた地震による建物倒壊状況の抽出[A]//第38回土木計画学研究発表会秋大会発表予稿[G]. CD-ROM. 2008.
- [7] Rafael C Gonzalez, Richard E Woods, Steven L Eddin. 数字图像处理(MATLAB版)[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
- [8] 赵福君,李景文,陈大克,等. 数学形态学的纹理图像分割方法[J]. 计算机技术与发展,2008,18(5):112-114.
- [9] 侯蕾,尹东,尤晓建. 一种遥感图像中建筑物的自动提取方法[J]. 计算机仿真,2006,23(4):184-187.
- [10] 李海月,宏琦. 遥感图像中建筑物自动识别与标绘方法研究[J]. 电子测量技术,2007,30(2):15-20.
- [11] 朱长青,王耀革,马秋禾. 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):347-351.
- [12] 飞思科技产品研发中心 编著. MATLAB 7 基础与提高[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [13] 甘田红,闫利. 先进的陆地观测卫星 ALOS[J]. 江西测绘,2007,67(1):11-15.
- [14] 柳稼航,单新建,尹京苑. 遥感图像自动识别城市震害房屋——以2001年印度库奇地震和1976年唐山地震为例[J]. 地震学报,2004,26(6):623-633.
- [15] 尹京苑,柳稼航,单新建,等. 基于图像结构信息的城市房屋震害特征自动提取技术[J]. 遥感信息,2004,(1):27-30.
- [16] 郭晓,张元生,钟美娇. 卫星热红外遥感资料在地震预报中的应用[J]. 西北地震学报,2005,27(3):222-227.
- [17] 朱新运,于俊宜. 基于MATLAB的小震震源参数计算软件研制[J]. 西北地震学报,2008,30(4):380-384.
- [18] 大場章弘,本迫晋,福島光平,等. ALOS/PRISMおよびALOS/AVNIRを用いた高精度DEMの作成方法[A]//地理情報システム学会講演論文集[G]. 2008,17:199-204.