

文章编号: 0253-3782(2004)06-0623-11

遥感图象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^{*}

柳稼航^{1, 2)} 单新建¹⁾ 尹京苑³⁾

1) 中国北京 100029 中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室

2) 中国西安 710068 中国科学院西安光学精密机械研究所空间光学研究室

3) 中国上海 200062 上海市地震局

摘要 在高分辨率遥感影像上, 完好房屋的表面呈现出均一的图象纹理特点, 而对于倒塌房屋或半倒塌房屋, 由于破坏截面比较粗糙, 在图象上表现出斑块状的低灰度值区域。用适当的灰度门限值截取图象亮度值时, 在这些低灰度值区域会出现一系列互不连通的“洞”。利用震后一景遥感影像上的各区域洞的个数、洞面积与区域面积之比等统计信息, 可将完好无损的房屋与损坏的房屋区分开来, 从而达到破坏房屋与完好房屋自动识别的目的。基于这些特点, 本文提出了一种利用区域结构与纹理统计特性相结合进行损坏房屋自动识别的方法, 并以 2001 年印度库奇(Bhuj)地震 1 m 分辨率的 iKonos 卫星融合影像和 1976 年我国唐山地震的黑白航空影像为例, 利用这些区域结构和纹理的统计特性, 进行倒塌房屋的自动识别, 得到了较为满意的结果。

关键词 区域分析 震害识别 图象理解 库奇地震 唐山地震

中图分类号: P315.9 **文献标识码:** A

引言

地震尤其是城市强震造成的灾害波及的范围很广, 传统的震害调查手段难以满足应用要求。近年来, 随着遥感技术的快速发展, 尤其是高分辨率民用遥感卫星的成功发射和应用, 使得利用遥感技术进行地震震害信息的快速识别与获取成为可能。国内外的学者们在这方面做了大量的探讨和试验性研究, 并取得了许多具有实用价值的研究和应用成果(柳稼航, 2003; 张景发等, 2001; Chiroiu, Andre, 2003; Mitomi *et al*, 2001; Keiko, *et al*, 2004; 朱博勤等, 1998; 陈鑫连, 1995)。到目前为止, 利用遥感影像进行震害识别, 主要依靠单时相图象的人工目视解译, 或者多时相图象的变化检测来进行(Chiroiu, Andre, 2002)。但这两种方法都存在很多不足: 多时相技术因诸如分辨率或者入射角等图象参数的不同而导致比较低的识别精度, 而且时间间隔大的卫星图象又可能导致检测不到在震后图象上出现的新建房屋的破坏等信息(Chiroiu, Andre, 2002); 现行单时相技术的人工解译法, 其工作量大、速度慢、效率低, 难以满足震后快速评估与救助等方面的要求。这些缺陷的存在, 严重阻碍了遥感技术在防震减灾事业中的进一步应用。为了满足防灾减灾事业

* 上海市科学技术委员会 2002 年专项(022512143)和国家“十五”科技攻关项目(2001BA601B040105)共同资助。
2003-03-19 收到初稿, 2003-08-25 收到修改稿并决定采用。

的应用要求,需要一种新的震害识别技术来克服这两种方法的不足。为此,本文提出了一种基于震后单时相高分辨率遥感影像受损房屋区域结构和纹理统计特征进行震害房屋信息自动提取的方法,并选取了2001年印度库奇(Bhuj)地震1 m分辨率的iKonos卫星彩色融合(1 m分辨率的全色影像和4 m分辨率的多光谱影像融合)影像和我国1976年唐山地震的黑白航空遥感影像作为算例,来提取地震破坏的房屋信息,以此检验这种震害识别方法的有效性和适用性。

1 原理与方法

1.1 现行震害房屋信息获取技术

单时相技术是利用地震后某一时间获取的遥感卫星影像,用人工的方法进行目视解译来获取震害房屋损坏信息的。由于完好的房屋建筑和损坏的房屋建筑在遥感影像呈现出诸如纹理、外形、灰度、阴影等不同的影像特征,人们可以凭借这些特征的差异和经验来获取房屋建筑的破坏信息。但是这种方法受影像空间分辨率的制约很大,中等空间分辨率(10 m左右)的影像上只能识别出完全破坏的大区域震害信息,而1 m分辨率的卫星影像可以将城市震害房屋独立地识别出来(Chiroiud, Andre, 2002)。

多时相技术是利用地震前和地震后同一区域的两幅图象,通过检测它们之间的变化来提取震害信息的。利用光学遥感影像来进行震害建筑物信息的提取,主要依靠被检测单元特征光谱等的变化来实现。对于相同分辨率的地震前后的两幅卫星影像,首先要进行灰度直方图匹配,使得两幅影像具有相同的灰度直方图,再利用图象代数运算来得到变化的部分。对于传感器不同或分辨率不同的卫星影像处理起来比较复杂,具体的处理视情况而定。很明显,这种方法的精度受两幅图象的分辨率状况、图象入射角、间隔时间等因素影响很大。若分辨率较高,也可以将两幅图象相对照,使用目视解译的方法来进行灾害信息提取。

1.2 基于区域纹理统计特性的震害房屋识别方法

这种识别方法首先是基于这样的一个事实:在高分辨率遥感影像上,完好房屋的表面呈现出均一的图象纹理特点;而对倒塌房屋或半倒塌房屋,由于破坏截面比较粗糙、破碎,所以会在图象上出现斑块状的低灰度值区域。如果用适当的门限值截取图象灰度,在这些被损坏房屋区域的低灰度区域就会出现一系列相互不连通的“洞”。利用震后灾区单时相高分辨率遥感影像上各区域洞的个数,洞面积与区域面积之比,以及洞的边界点数与整个区域边界点数之比等统计信息,可以将完好无损的房屋与损坏的房屋区分开来,从而实现损坏房屋与完好房屋信息自动识别的目的。由上述方法可知,这种震害识别方法除了对卫星的分辨率有较高的要求外,还有两个关键问题和两个技术难点。两个关键问题是:图象灰度截取门限的选择和震害分级参数的确定;两个技术难点是:完全封闭的区域外轮廓和区域“洞”信息的提取。

2 处理步骤、技术流程及参数的选择

图1给出了利用区域统计特性进行震害房屋自动识别的主要处理步骤和技术流程,并给出了参与每个主要运算步骤的图象数据。此外,整个处理过程基本上可分为3段:从原始图象的输入到对图象各区域进行标识这一部分处理为图象预处理部分;震害信息输出为

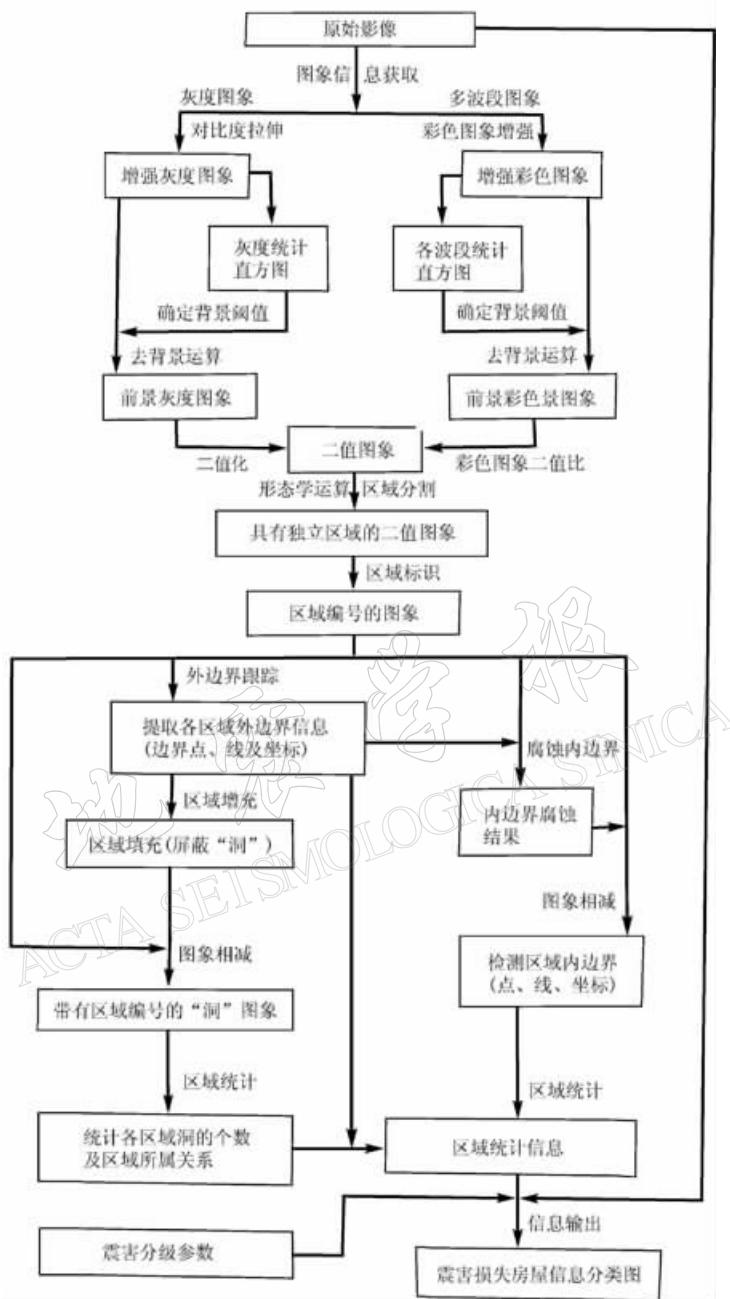


图 1 数据处理技术示意图

第三部分，其余的为第二部分。第二部分的处理是本文识别方法的核心和难点。由于作为前景的房屋(包括倒塌的房屋)，在图象上基本均是较高亮度区域，而作为背景的植被、裸地以及道路等其它地物，亮度相对较低。因而可以利用直方图的特性来确定阈值，实施图象分割，将前景与背景分割开。对于遥感影像，由于覆盖面积较大，如果房屋建筑形态的变化比较大，就需要将图象分成若干块，采用自适应阈值进行分割。当然，也可在人工干

预的情况下确定阈值。对于震害分级参数的确定，主要依据卫星传感器，各地区的建筑特点，以及经验来形成一套具有实际应用价值的数据作为参考标准入库。在进行实际处理时，可直接调用，亦可适当人工干预。

3 当前可用于震害房屋自动识别的遥感数据源

长期以来，遥感技术未能广泛应用于防灾减灾事业中，其主要原因是由于遥感卫星的空间分辨率较低以及航空遥感成本太高的缘故。近年来遥感技术系统不断进步，新一代分辨率为1 m以下的商业遥感卫星的成功发射，使遥感技术在防灾减灾事业中的广泛应用成为可能。表1给出了目前在轨工作的典型高分辨率遥感卫星及其相关参数^①。这些遥感卫星的全色影像，像素分辨率均在1 m或1 m以下，比一般房屋建筑都要小得多，最大成图比例(全色)均高于1:5 000。由于其中一些卫星具有侧视功能，回访周期短，数据源有一定的选择余地，因此可以很好地用于城市防震减灾事业中。

表1 目前在轨工作的典型高分辨率商业遥感卫星及其相关参数一览表

卫 星	iKonos-2	QuickBird-2	OrbView-3, 4	EROS-B1
轨道类型	太阳同步	太阳同步	太阳同步	太阳同步
轨道高度/km	680	600	470	480
轨道倾角/(°)	98.1	66.5	97.25	97.3
寿命/a	7	5	7	7
重访周期/d	1~3	1~5	<3	3
发射年份	1999	2000	2000	2001
分辨率/m	全色 1 多光谱 4	全色 0.61 多光谱 2.44	全色 1 多光谱 4	全色 1
刈幅/km	11	22	8	13.5
影像面积/km ²	11×11	16.5×16.5	8×8	

此外，对于某些有特殊要求和精度的情况，也可以采用航空遥感技术来获取震害图象，包括多光谱、全色影像等。

4 印度库奇地震及唐山地震震害房屋信息提取

4.1 2001年印度库奇地震试验区

4.1.1 震区遥感影像

在此实验区，本研究选用的是1 m分辨率的iKonos卫星彩色融合影像(1 m分辨率的全色图象与4 m分辨率的多光谱影像融合)。该图象覆盖了库奇市区的绝大部分地区，获取时间为震后两天(即2001年1月28日)。由于图象比较大，为方便起见，本研究选取了其中3个部分(编号分别为A, B, C)具有不同城市建筑形态的典型房屋破坏区域进行处理。区域A(图4a)为典型的城乡结合部，区域内建筑物密集，覆盖了绝大部分地表，但大部分建筑物为低层和小面积建筑；区域B(图4a)中大部分地区被房屋建筑覆盖，有一些现代城市建筑；区域C(图5a)中，以低层平房为主，密度比较低，有很多裸地和植被。这3块区域，具有典型的代表性，可以检验本研究提出的识别方法在不同建筑形态区域应用的有

^① 资料源于“初露锋芒的高分辨率商业遥感卫星”(北京系统工程研究所黄志澄)以及ICO图象中心。

效性。地震的发生，使得区域 A 和区域 B 中大多数房屋倒塌或部分损坏，表面很破碎。虽然图象上倒塌的房屋比较明显，但却不易进行受损房屋的勾画，故而我们只给出了区域 C 大致的目视解译结果(如图 5a 中各方框所示，单线框区域为二级破坏(完全倒塌)，虚线框为一级破坏(部分破坏))。

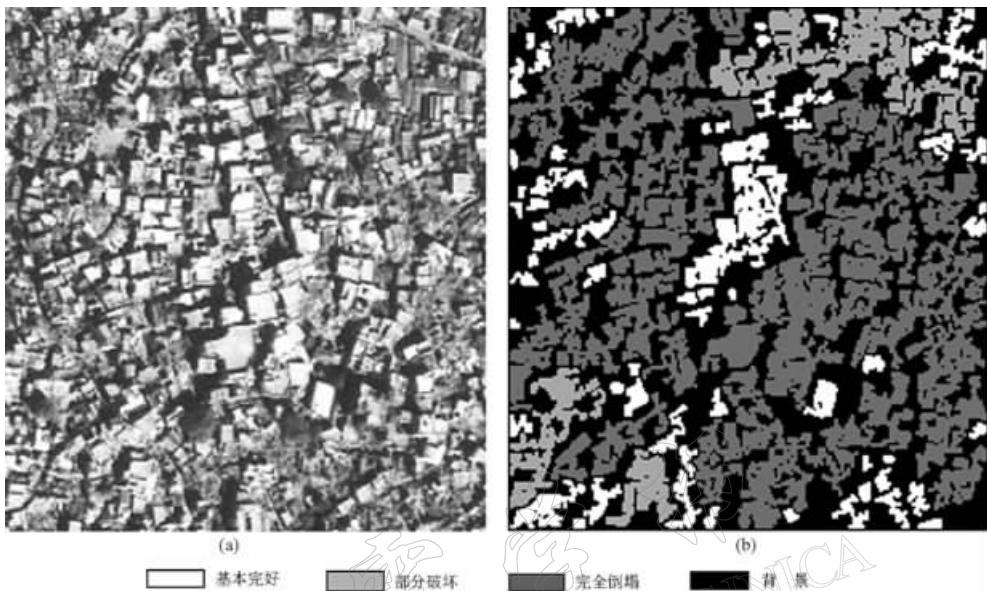


图 2 库奇地震实验 A, 1 m 分辨率的卫星影像增强图象(a)及其震害房屋分类识别结果(b)

4.1.2 数据处理

图 1 已经给出了数据处理的主要步骤和基本流程，下面以实验区域 A 为例，对几个关键的地方加以详细说明。

1) 图象增强处理。为了得到较好的图象处理效果，首先要进行图象增强处理。主要包括亮度调整和对比度拉伸等，但是不可进行深度滤波运算。因为本研究提出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。故而去噪滤波不可避免地要损失这方面的信息。

2) 去背景阈值的选择。从各增强图象上可以看出，房屋(包括倒塌房屋在内)均呈现出较高的亮度。其次是裸地，但偏色现象很明显。亮度最低的是植被和水系，偏色现象也较明显。图 3 给出区域 A 增强处理后各波段的灰度直方图。基于如上的认识，在直方图低灰度区域的第一个峰附近是背景灰度集中区，房屋等前景集中在该区域以外。由此，在基于直方图去背景的阈值选取问题上，我们确立了如下规则：对于具有明显双峰的直方图，分割阈值取峰间灰度曲线导数为零处的灰度值；对于单峰或不明显的双峰，如果峰在低灰度区一侧，则以该峰处的灰度加上该灰度与灰度曲线向左值为零处的灰度的差为阈值灰度，如果峰在高灰度区一侧，则以该峰处的灰度减去该灰度与 255 的差所得结果为阈值；对于多峰直方图，依据具体的情况而定，但基本思想仍然是使用适当的灰度将前景(目标)提取出来。通常地，根据实际情况，可将由上述方法计算出来的灰度值调整 0~±10 来作为分割阈值参与计算。根据这一规则并做适当的调整，对于区域 A 最后选取的红、绿、蓝各波

段的灰度阈值分别为 110, 105, 98.

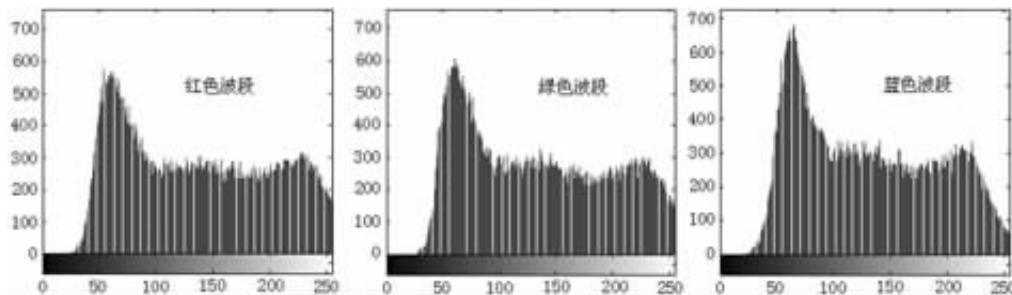


图 3 增强处理后区域 A 各波段直方图(从左到右依次为: R 波段、G 波段、B 波段)

3) 提取各区域外边界. 连续且完全封闭的区域外边界, 对于本文提出的震害房屋识别方法是至关重要的. 通常, 基于微分算法的边界提取方法由于噪声的存在很难得到完全封闭的区域边界, 而且提取的边界点没有区域所属关系, 内外边界不能分开, 以及外边界点之间的拓扑邻接关系难以确定等, 故而不能适用于本文识别方法对外边界的要求. 为解决这一问题, 我们采用一种基于最优方向的边界跟踪方法. 这种方法首先将预处理过的图象二值化, 再利用同一区域当前边界点和上一边界点所确定的优先方向来确定下一边界点. 由于该方法是以区域为基本操作单元的, 所以跟踪出来的目标边界是完全封闭和连续的, 而且带有所属区域关系. 除此而外, 还可以得到各区域外边界点之间的拓扑邻接关系, 容易矢量化. 这为将震害信息转入 GIS 平台进行空间分析提供了便利的条件(柳稼航, 2003).

4) “洞”信息的提取. 洞信息的提取, 是本研究识别方法的一个技术难点. 由于需要知道各区域内洞的数目, 洞边界点的个数, 以及洞面积等信息为震害分级提供决策依据, 对于完全封闭连续的区域外边界是必要的. 为了得到这些相关的洞信息, 这里采用的方法是: 先填充外边界得到无洞且封闭的区域, 然后与经过预处理并二值化的图象作差运算得到. 内边界信息是将具有独立区域、洞和编号的图象内边界腐蚀一圈, 并与该图象作差运算得到. 具体的处理步骤参见图 1.

5) 提取区域统计特征. 对于破坏区域的识别及房屋破坏程度的分级, 需要一系列的参数作为标准. 经过多次试验, 本研究采用了如下的几个表征区域特性的参数: 各区域洞的绝对个数、洞面积与区域面积之比、区域外边界点数与区域总点数之比 3 个统计量. 前两个参数主要用来对破坏程度的定级, 而第三个参数主要用来判断是否为房屋建筑.

6) 结果输出. 根据图 1 所示的数据处理流程和步骤, 结合以上处理原则和方法, 区域 A 所得到的处理结果见图 2b. 本研究将震害识别结果暂分为三级: 零级损坏(基本完好); 一级破坏(部分破坏); 二级破坏(完全倒塌). 二级破坏对应于图中暗灰色区域, 一级破坏对应于图中亮灰色区域, 背景为黑色区域, 白色区域为基本完好的房屋建筑. 对于区域 B 和区域 C, 处理方式与 A 同, 识别结果分别见图 4b 和图 5b.

4.2 1976 年我国唐山地震

4.2.1 试验区影像

本研究选用了该地震发生后国家地震局组织下的航摄黑白影像. 由于时间较长, 影像的质量有所退化, 但是从图象上仍然能够较清楚地识别出房屋建筑物的倒塌情况. 图 6a

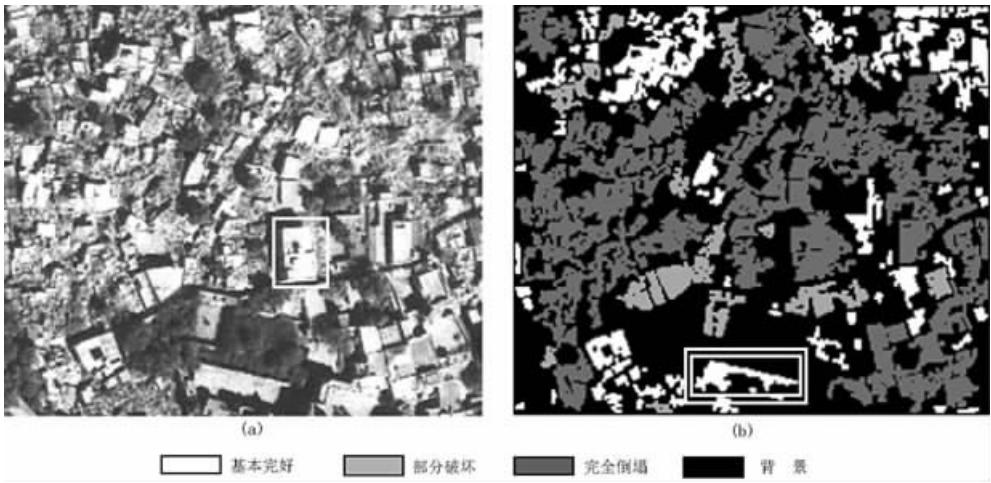


图 4 库奇地震试验区 B, 1 m 分辨率的卫星影像增强图象(a)及其震害房屋分类识别结果(b)

(a)图中的白色方框区域完好房屋与倒塌房屋相连接

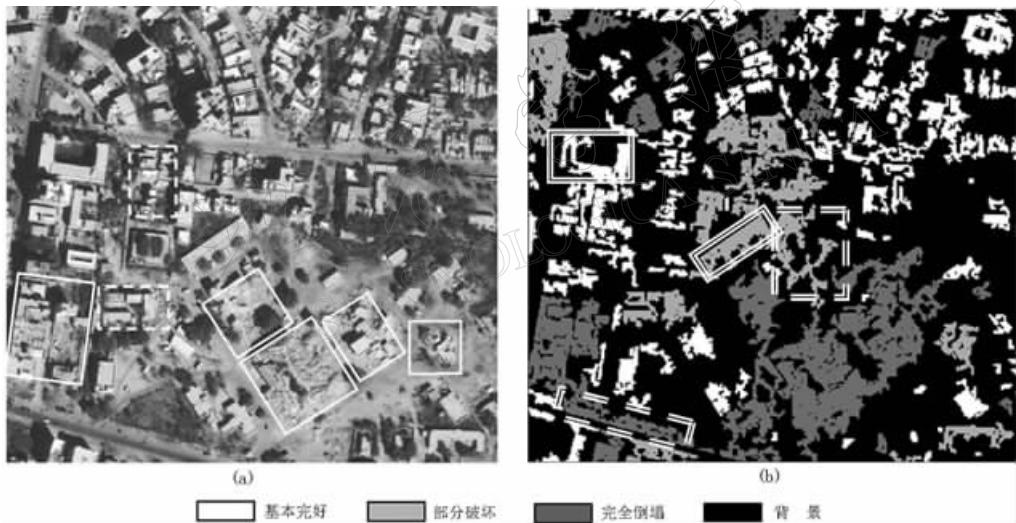


图 5 库奇地震实验区 C, 1 m 分辨率的卫星影像增强图象(a)及其识别分类结果(b)

(a)图中的虚线框内为部分倒塌房屋, 实线框内区域为完全倒塌房屋

是从整个区域的镶嵌影像中切割出来的一块。该区域内绝大部分房屋完全倒塌，但尚有部分房屋没有倒塌或者基本完好，故而具有一定的代表性。

4.2.2 分类识别结果

图 6b 为本实验区基于航空遥感影像的震害识别结果。整个大区域里，把房屋震害损失程度分成三级，这一部分的识别结果仍然沿用这一分级方式。图中的白色区域为零级（基本完好）破坏区，亮灰色区域为一级（部分倒塌）破坏区，暗灰色区域为二级（完全倒塌）破坏区域，黑色为背景区域。各级分类参数值如表 2 所示。

这里需要说明的是：①由于利用这种方法进行震害识别和分级目前尚无经验可借鉴，所以各种分类参数及阈值是在对图象进行多次分类试验的结果与目视解译结果进行对比之

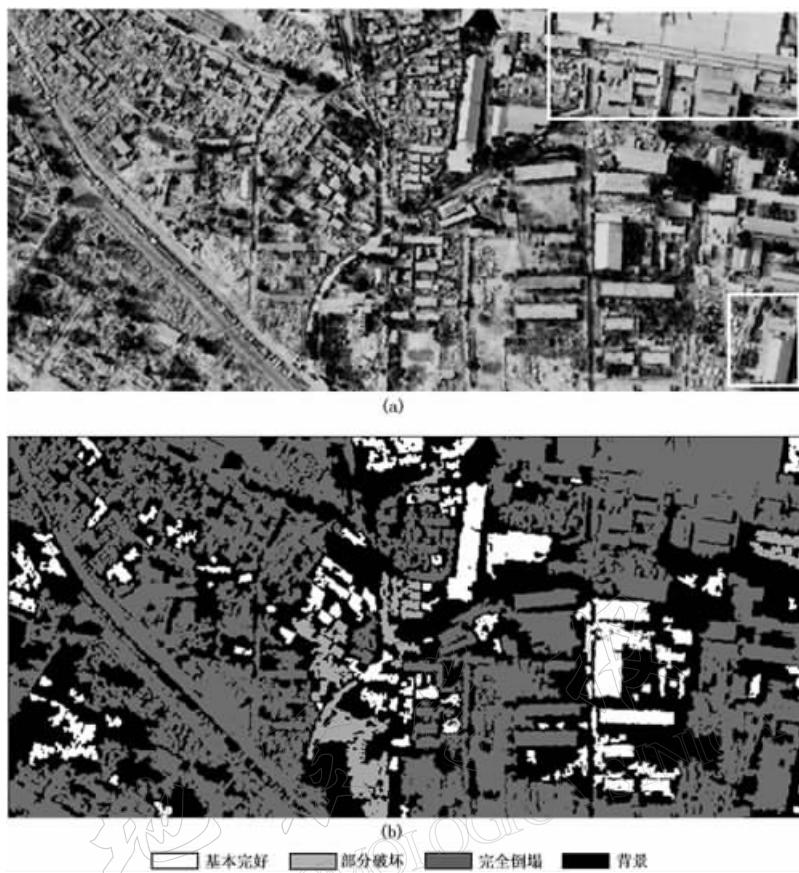


图 6 1976 年唐山地震震害航空遥感影像(a)及分类识别结果(b)

(a)图中的白色方框区域系因破坏房屋与完好房屋彼此相连，导致误分

表 2 唐山地震震害分级各参数取值一览表

损坏分级	洞绝对个数	洞面积/区域面积	描述
零级破坏	<3	$\leqslant 0.03$	基本完好
一级破坏	>3 和 <10	>0.03 和 $\leqslant 0.11$	部分破坏
二级破坏	>10	>0.11 和 $\leqslant 0.40$	完全倒塌

后筛选和确定的；②对于零级和二级破坏，洞绝对个数与洞面积/区域面积的两个条件满足其一（即逻辑或）即可，一级破坏洞绝对个数与洞面积必须同时满足（即逻辑与）。由上面的识别分类结果来看，这一套参数是比较有效的。

5 讨论和结论

从上面几个实验区自动识别分类的结果来看，利用本研究所提出来的震害房屋自动识别方法提取出来的受损房屋与完好房屋信息，与目视解译的结果大体上一致。虽然还有一些不够完善的地方，但总体上是可以用来进行震害房屋，尤其是现代城市震害房屋信息的自动提取的。对于这种识别与分类方法的特点，归纳起来主要有以下几个方面：

- 1) 对于具有现代城市建筑形态的地区或者低密度建筑区，建筑物所占空间较大，间距

较宽，建筑物与其它背景地物之间的反差较大，并且从卫星影像上可以将建筑物的外部特征直接反映出来。因而运用适当的去背景运算和形态学处理，就可以将前景与背景分离出来，并成为具有自身特征的独立区域，较充分地满足了本研究识别方法的基本条件，故而识别的效果较好。库奇地震实验区 B(图 4a)的部分区域和实验区 C(图 5a)，以及唐山地震实验区(图 6a)属于这种情况。其结果分别如图 4b、图 5b 和图 6b 所示。但是，对于低矮密集的建筑群，受卫星影像空间分辨率的影响，房屋之间彼此连接，倒塌的、未倒塌的房屋混成一片，因无法提取基于房屋建筑单元的区域统计特征(如图 2a 和图 4a 的部分区域，即使用人工解译的方法，也难以从图象上将这些低矮的房屋彼此独立地分割开)，致使误分率较高，识别效果较差。实验区 A 和 B 的部分区域属于这种情况。其结果如图 2b、图 4b 所示。

2) 这种识别方法的基本思想如前所述，是基于遥感影像区域结构和纹理统计特性相结合来进行房屋破坏程度的识别与分类的，故而识别结果是针对各区域而不完全是单个建筑物的。如果卫星分辨率足够高，建筑密度足够稀，建筑物与其它背景的反差足够大，在图像上能将房屋建筑完全独立分割成区域，则识别结果就是该建筑破坏程度的直接反映，结果的置信度就比较高。如果建筑物与周围其它地物连成一片，则识别结果是包括建筑物在内的整个区域的破坏状况的反映，只对建筑物而言，置信度就相对较低；并且，对于识别结果中的破坏区域，只说明在这个区域里的建筑物遭到了破坏，而不一定具体到每一栋建筑物。

3) 在分类结果中可以发现，有把基本完好房屋或者非房屋建筑分成一级以上的破坏区的情况。造成这种现象的主要原因有：一是图象上倒塌的房屋与未倒塌的房屋相连接，混在一起成为同一个区域(如图 4a、图 6a 中白色单实线框区域)；另一个是因为局部背景的亮度过高而导致未能去除干净的缘故(如图 5b 中白色虚线框区域)。此外，还可以发现，分类结果图中属于基本完好类的建筑物却呈现出局部损坏状的外表形态(如图 5b、图 6b 中白色双实线框区域)。这主要是由于这部分建筑局部有些亮度较低，或局部有阴影的缘故造成的。但这种现象对识别结果不产生影响，原因是分类结果图上的完好房屋不是代表房屋的全部信息，而是指在这个空间位置上的这栋房屋没有被损坏。

4) 从识别原理和处理流程来看，参数的选择，有两方面的问题对结果影响较大。一是参数的有效性问题；另一是参数值的确定问题。不同的参数或者参数值得到的分类结果也有一定程度的不同，加之不同传感器所得卫星影象的图象特征也有所不同。因而针对不同的遥感平台，不同类型的城市建筑形态，建立相应的参数(去背景参数、震害分级评价参数等)及震害分级参照标准数据库，并且根据具体情况，适当人工介入，以期以最小的工作量，最快的速度提供最可靠的震害信息。

5) 从图 1 流程图可以看出，应用这种震害房屋破坏信息的自动识别与分类，可以为具有空间分析功能的 GIS 平台，直接提供诸如破坏区域圈定线画(或矢量)图，不同级别的震害分类图，以及分级震害面积等多种震害数据；而且其处理速度快、投入小，几乎全过程自动处理，从而为震后灾害快速评估提供有力的保障。

从上面的算例来看，利用这种方法及目前所设置的参数进行震害房屋的识别与分类，还是有效的。但在两个关键问题(图象灰度截取门限的选择和震害分级参数的确定)上，尤其是震害分级参数的选择及值域的确定方面，还有很多值得商榷和改进的地方。此外，如

果采用更高分辨率的卫星影像，由于将各区域能够划分得更为仔细，所以笔者认为完全可以得到精度更高的识别和分类结果。

感谢马照松和马超两位同学在程序设计方面的有益建议。

参 考 文 献

- 陈鑫连. 1995. 地震灾害的航空遥感信息快速评估与救灾决策[M]. 北京: 科学出版社, 1~136
- 柳稼航. 2003. 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]: [学位论文]. 中国地震局地质研究所 (登录号: 2003H0003), 1~79
- 张景发, 谢礼立, 陶夏新. 2001. 典型震害遥感图像的模型分析[J]. 自然灾害学报, **10**(2): 89~95
- 朱博勤, 魏成阶, 张渊智. 1998. 航空遥感地震灾害信息的快速提取[J]. 自然灾害学报, **7**(1): 34~38
- Chiroiu L, Andre G. 2002. Damage assessment using high resolution satellite imagery: application to 2001 Bhuj, India, earthquake[A]. In: EERI eds. *Proceedings of 7th US National Conference on Earthquake Engineering: Urban Earthquake Risk*[C]. Oakland, USA: EERI
- Kenneth R C. 2002. *Digital Image Processing*[M]. 北京: 清华大学出版社, 387~602
- Keiko S, Robin J S Spence, Christopher G, et al. 2004. Using high-resolution satellite images for post-earthquake building damage assessment: A study following the 26 January 2001 Gujarat earthquake. *Earthquake spectra*[J]. **20**: 145~169
- Hasegawa H, Aoki H, Yamazaki F, et al. 2000. Automated detection of damaged buildings using aerial HDTV Images [A]. In: EERI eds. *Proceedings of the IEEE 2000 International Geoscience and Remote Sensing Symposium*[C]. IEEE, 4, CD-ROM
- Mitomi H, Matsuoka M, Yamazaki F, et al. 2001. Automated damage detection of buildings from aerial television images of the 2001 Gujarat, India earthquake[A]. In: EERI eds. *Proceedings of the IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium*[C]. IEEE, 3, CD-ROM

AUTOMATIC RECOGNITION OF DAMAGED TOWN BUILDINGS CAUSED BY EARTHQUAKE USING REMOTE SENSING INFORMATION: TAKING THE 2001 BHUJ, INDIA, EARTHQUAKE AND THE 1976 TANGSHAN, CHINA, EARTHQUAKE AS EXAMPLES

Liu Jiahang^{1), 2)} Shan Xinjian¹⁾ Yin Jingyuan³⁾

1) State Key Laboratory of Earthquake Dynamics, Institute of Geology, China Earthquake Administration,
Beijing 100029, China

2) Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710068, China

3) Earthquake Administration of Shanghai, Shanghai 200062, China

Abstract: In the high-resolution images, the undamaged buildings generally show a natural textural feature, while the damaged or semi-damaged buildings always exhibit some low-grayscale blocks because of their coarsely damaged sections. If we use a proper threshold to classify the grayscale of image, some independent holes will appear in the damaged regions. By using such statistical information as the number of holes in every region, or the ratio between the area of holes and that of the region, etc., the damaged buildings can be separated from the undamaged, thus automatic detection of damaged buildings can be realized. Based on these characteristics, a new method to automatically detect the damage buildings by using regional structure and statistical information of texture is presented in the paper. In order to test its validity, 1-m-resolution iKones merged image of the 2001 Bhuj earthquake and grayscale aerial photos of the 1976 Tangshan earthquake are selected as two examples to automatically detect the damaged buildings. Satisfied results are obtained.

Key words: region analysis; damage recognition; image comprehension; Bhuj earthquake; Tangshan earthquake