

基于线密度的分地震烈度区灾前农房 总量快速估算方法^{*}

和海霞, 刘明, 李素菊, 汤童, 黄河

(民政部国家减灾中心, 北京 100124)

摘要: 针对传统的农房总量统计不满足灾害范围空间随机分布、自动分类识别算法业务性不强等引起的精度受限和效率低下的问题, 以新疆于田地震为例, 结合于田县绿洲区农房大多沿路分布、密度大等特点, 采用线密度方法, 分地震烈度区开展农房总量评估。结果表明, 线密度方法在同一区域下用时为点标绘法的1/5, 精度是点标绘法的94%, 能够满足减灾业务的需求。

关键词: 线密度; 农房总量; 地震烈度; 快速估算; 预评估

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2016)02-0316-05

0 引言

灾前农房总量是灾害发生初期信息不完备情况下农房倒损预评估的重要输入参量。灾前农房总量耦合房屋破坏损失比(王景来, 宋志峰, 2001)是农房倒损数量估算的常用方法。高精度快速估算灾前农房总量是提高农房倒损预评估精度和效率的重要前提, 对科学制定救援计划、合理配置救援物资、提高灾害救助水平具有深远意义。

目前, 农房总量采用入户调查、抽样统计、统计报表等方法统计, 或基于统计年鉴中人口数和户数采用各地区人均、户均房屋建筑面积经验值推算农房总量(周光全等, 2010)。这些方法初步解决了灾前农房总量估算的问题, 但是与减灾救灾日益增强的时效和精度要求还存在一定的差距, 主要表现在以下3个方面: 一是传统农房统计方法多以行政单元为基本单位, 未完全实现农房数量分布网格化, 不能满足由农房空间分布异质性明显、灾害范围空间分布随机和灾害相关统计单元(如地震烈度)形状特征不规则引起的自由分幅区内农房总量快速估算; 二是面划法和点标绘法农房遥感目视识别方法, 该方法精度高, 但时效性难以满足要求; 三是计算机分类识别算法, 该方法根据纹理、几何、光谱特征进行分类(吴炜等, 2012), 自动化程度高(徐昌荣, 葛山运, 2011; 李海月等, 2007; 苏俊英等, 2004), 但多适用于小区域影像, 且需大量时间修正因异物同谱造成的误判信息, 时间效率较低。因此, 如何

充分分析农房特点和影像特征, 顾及灾害范围随机分布, 发展一种高效、高精度、满足减灾需求的总量估算方法迫在眉睫。

本文基于高空间分辨率遥感数据, 在分析农房典型类型、光谱响应和影像特征基础上, 依据新疆维吾尔自治区和田地区于田县绿洲区农房沿路分布、密度大等分布特征, 采用线密度的方法开展于田地震灾区农房总量快速估算, 并利用点标绘法对提取结果进行真实性检验和精度评价。

1 研究区概况与数据源

2014年2月12日17时19分, 新疆维吾尔自治区和田地区于田县发生 $M_s 7.3$ 地震, 震源深度12 km, 震中位于 36.1°N , 82.5°E , 震中区最高烈度为IX度。鉴于VIII度及IX度区分布在高山无人区, 本文以VII度区为例开展农房总量估算。VII度区西南起自策勒县奴尔乡, 东北至民丰县叶亦克乡, 面积约23 000 km^2 (图1)。研究区地处塔里木盆地南缘, 昆仑山脉北麓, 为典型的绿洲—荒漠交错地区。

本文选择WorldView-2全色与多光谱融合产品开展农房总量提取。WorldView-2幅宽为16.4 km, 全色波段范围为 $0.45 \sim 0.8 \mu\text{m}$, 空间分辨率为0.5 m; 多光谱波段由8个波段($0.45 \sim 0.51 \mu\text{m}$ 、 $0.51 \sim 0.58 \mu\text{m}$ 、 $0.63 \sim 0.69 \mu\text{m}$ 、 $0.77 \sim 0.895 \mu\text{m}$ 、 $0.585 \sim 0.625 \mu\text{m}$ 、 $0.4 \sim 0.45 \mu\text{m}$ 、 $0.705 \sim 0.745 \mu\text{m}$ 、 $0.86 \sim 1.04 \mu\text{m}$)组成, 空间分辨率为1.8 m。

^{*} 收稿日期: 2015-05-20.

基金项目: 国家自然科学基金——冬小麦旱灾致灾因子危险性高光谱遥感定量诊断研究(41401605)资助.

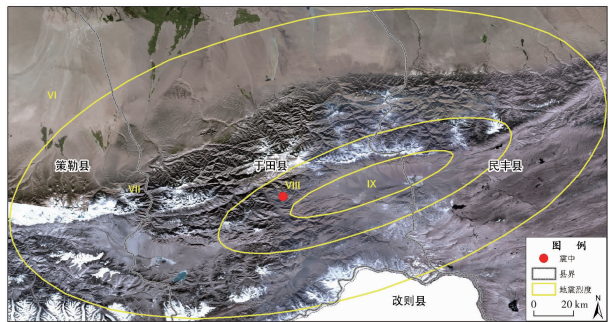


图 1 研究区地理位置示意图

Fig. 1 Sketch map of the location of the study area

2 研究方法

2.1 农房结构特征分析

常年的烈日、风沙和浮尘，使于田县民居多顺应自然，形成封闭型、内庭式的平面布局，以

阿以旺民居为主，平面组合形式主要有中厅式和排列式两种。于田县民居通常没有中轴线及对称的要求，也无上、下厢房、正屋侧厢之分，房间的组织与排列十分自由，各组房间都以阿以旺中厅或户外活动场所为中心，可以向外任意扩展延伸（潘晶，2010），在遥感影像上具有明显的几何和光谱特征（表 1）。

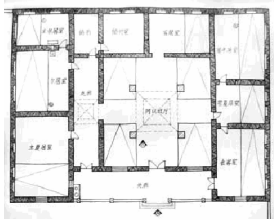
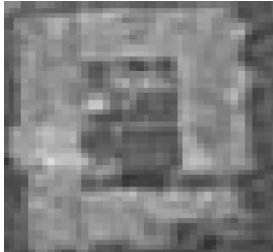
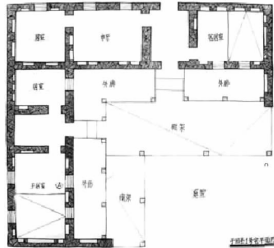
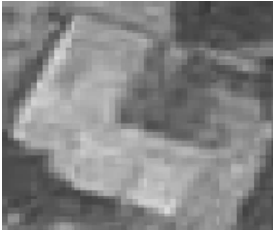
2.2 农房空间分布特征分析

农房空间分布特征主要指空间分布格局、空间邻接特征和分布类型（角媛梅等，2003）。由于地理环境、气候特征、生活习惯等差异，不同地区的农房具有明显的区域分布特征。笔者结合Worldview 高分辨率卫星影像和农房结构特征，分析于田县农房分布影像特征如下：

（1）农房聚集程度较高、分布整齐、大多沿道路两侧连续分布，围合成四边形，四边形内规则分布农田；少量呈星点状随机分布（图 2a）。

表 1 典型农房结构及影像关联特征描述

Tab. 1 Description of associated characteristic of typical rural buildings structures and their images

类型	结构特征	结构特征描述	影像特征	影像特征描述
中厅式		居住本体以阿以旺为中心，四周布置房屋，再由房屋毗邻的廊架或带廊架的房子相连接，围合成半敞开形院子。		形状规则、亮白色调、图型规律，呈“凹”字形、曲尺形
排列式		中厅并不安排在中间，而是与其他房间平行排列在一起。		形状规则、呈亮白色调、图型规律，呈一字形或者 U 字形。

（2）农房在影像上表现为规则的多边形，形状简单。农房结构、面积、规模因资源条件、经济水平、生活方式等差异不完全一致。

（3）具有明显的空间邻接特征，部分农房前后存在空地。两户之间部分通过绿化树木隔开，部分直接相连（图 2b）。

（4）农房与裸地具有相似的色调，但纹理特征存在显著差异。裸地纹理特征统一，农房具有

明显的边缘特征。

2.3 线密度计算

于田县农房具有较为固定的结构特征，解译标志明显，多沿道路两侧密集连续分布，因此，可利用线标绘技术开展农房总量估算。线密度定义为某条线上的自然户密度，采用线单位长度内的自然户数量来衡量。

（1）线标绘

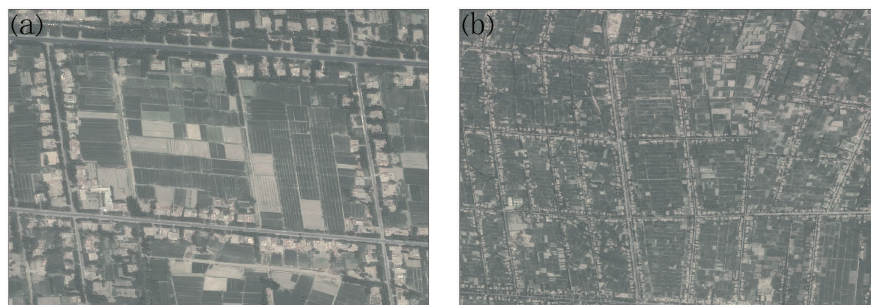


图2 农房分布影像特征

(a) 农房空间分布图; (b) 农房空间邻接特征图

Fig. 2 Spatial distribution characteristic of rural buildings

(a) spatial distribution of rural buildings; (b) characteristic of spatial adjacency of rural buildings

在农房典型分布区中随机选择样本区开展线标绘。通过目视观察，确定线标绘规则如下：

①为了保持密度相对均一，起点为屋边空地，终点为农房边界。

②十字路口农房避免重复标绘。

③为保证线密度均匀，在标绘星点状分布单栋农房时，线长度约为农房宽度的1.2倍。

(2) 线密度

在烈度区内选择典型样本区，采用点标绘法得到样本区内自然户总数，采用线标绘法开展长度量算，如图3所示。



图3 点标绘和线标绘自然户数量

Fig. 3 Number of families by using point plotting method and line plotting method

构建线密度公式如下：

$$L_d = \sum_{n=1}^m h_n / \sum_{n=1}^m l_n \quad (1)$$

其中， L_d 为线密度，单位户/m， m 为样本区内的线数量， h_n 为样本区内第 n 条线上的农房户数， l_n 为样本区内第 n 条线的长度， n 为线编码。样

本区内线数量为53条，线长度为3 449 m，采用点标绘法得到的自然户数为186户，线密度 L_d 为0.053 9户/m。

2.4 不同地震烈度区农房数量统计

地震烈度是评价地震造成影响大小或强弱的标度，地震烈度的评定需综合地表震动观测、遥感解译、现场调查等确定（张建国，2014）。不同烈度区内农房的破坏程度具有较大的差别。因此，在灾情预评估中需要分地震烈度区统计农房户数、间数、总面积等。

(1) 农房户数

$$H_i = L_d \times \sum_{n=1}^m l_n \quad (2)$$

其中， H_i 为第 i 地震烈度区内的农房户数， l_n 为第 i 地震烈度区内第 n 条线的长度， L_d 为线密度。Ⅶ度烈度区线标绘1 195条，总长度为113 448 m，自然户数量为6 115户。

(2) 计算农房间数和总面积

农房间数和总面积是农房倒损评估的评价单元。结合统计数据，构建公式如下：

$$R_i = H_i \times \frac{R_s}{H_s} \quad (3)$$

其中， H_i 为第 i 地震烈度区内的农房户数， R_i 为第 i 地震烈度区内的总农房间数， H_s 为统计数据中农房总户数， R_s 为统计数据中农房总间数。

$$A_i = R_i \times \frac{A_s}{R_s} \quad (4)$$

其中， A_i 为第 i 地震烈度区内的农房总面积， R_i 为第 i 地震烈度区内的总农房间数， A_s 为统计数据中农房总面积， R_s 为统计数据中农房总间数。据第六次人口普查数据，新疆于田县自然户为5 695

户,农房间数为 16 446 间,面积为 370 763 m² (10% 抽样),据此得到于田县平均每户农房间数为 2.89 间、每间 22.5 m²。则估算新疆和田地区于田县“2·12”7.3 级地震Ⅶ度烈度区内农房总量为 6 115 户,1.767 万间,39.76 万 m²。

3 结果分析

3.1 结果验证

为开展线密度法效率和精度验证,随机选取另一典型样本区域,分别采用点标绘法和线密度法开展总量估算(图4)。采用目视解译点标绘法计算得到自然户数为 252 户,用时 25 min;线标绘长度为 4 417 m,用线密度法计算得到的自然户

数为 238 户,用时 5 min,精度为点标绘法的 94%。

3.2 误差来源分析

线密度法误差主要来源如下:

(1) 解译误判引起的主观误差。强度高的地震影响范围广,例如汶川地震涉及四川、甘肃等 10 个省(市)、417 个县(民政部国家减灾中心,2012),需要多人协同。但是人与人之间由于专业背景、业务经验等差异造成对认知解译标志存在差异,有可能造成误判,如将公共设施用房、牲畜房舍误判为农房。在实际业务中,需针对不同类型的农房选取不同位置、不同结构、不同形状等建立多个解译标志,并详细描述,以避免由误判造成的主观误差。

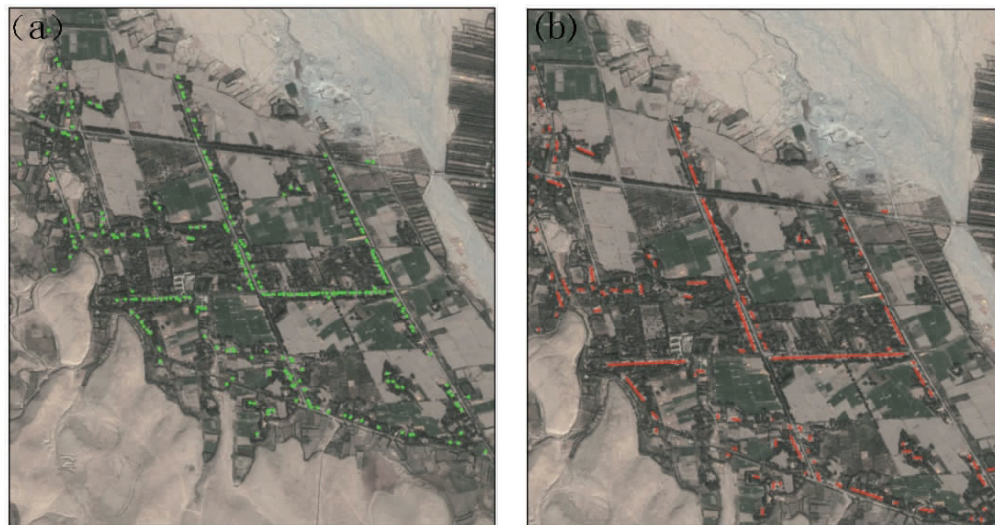


图4 农房总量估算

(a) 点标绘法; (b) 线标绘法

Fig. 4 Assessment of the amount of rural buildings

(a) point plotting method; (b) line plotting method

(2) 农房空间分布异质性引起的客观误差。该地区农房具有相对规则的分布,但是由于历史原因、经济水平等造成农房密度不均一以及不同位置的线密度存在差异,因此采取统一的线密度必然带来误差,需针对不同的区域加入不同的调整系数。

4 结论

本文针对传统的农房总量统计不满足灾害范围空间随机分布、自动分类识别算法业务性不强

等引起精度受限和效率低下的问题,提出基于线密度的农房总量快速估算方法。实践应用表明,建立统一的技术标准和操作规范有利于多人协同开展工作,能显著提高时效性和精度。

(1) 针对于田绿洲农房呈线状分布特点,提出了基于线密度的不同地震烈度区农房快速估算方法。应用表明,本方法能显著提高农房总量估算效率,耗时仅为点标绘法的 1/5;精度为点标绘法的 94%,能满足减灾需求。

(2) 线密度计算和线标绘是农房总量估算的核心关键技术。在多主体线标绘之前,需建立相

对统一的标绘标准以减少主观误判,并利用现场调查对线密度计算结果进行真实性检验。

今后工作将重点研究如何在面向对象分类基础上,耦合路网自动双侧标绘技术,开展线自动识别,以提高效率,满足在灾害发生6小时内快速实现灾害影响区农房总量估算的减灾需求。

参考文献:

- 角媛梅,肖笃宁,马明过. 2003. 绿洲景观中居民地空间分布特征及其影响因子分析[J]. 生态学报, 23(10):2092-2100.
- 李海月,王宏琦,陆见微等. 2007. 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, 30(2):15-20.
- 民政部国家减灾中心. 2012. 汶川地震灾害监测评估图集[M]. 科学出版社.
- 潘晶. 2010. 新疆于田县民居形态研究[D]. 乌鲁木齐:新疆师范大学.
- 苏俊英,曹辉,张剑清. 2004. 高分辨率遥感影像上居民地半自动提取研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 29(9):797-795.
- 王景来,宋志峰. 2001. 地震灾害快速评估模型[J]. 地震研究, 24(2):162-167.
- 吴炜,骆剑承,沈占锋等. 2012. 光谱和形状特征相结合的高分辨率遥感图像的建筑物提取方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 37(7):800-805.
- 徐昌荣,葛山运. 2011. 基于面向对象的高分辨率遥感影像建筑物提取研究[J]. 城市勘测, 2(1):84-86.
- 张建国. 2014. 地震烈度的评定及其意义[J]. 中国减灾, (9):42-43.
- 周光全,卢永坤,非明伦等. 2010. 地震灾害损失初步评估方法研究[J]. 地震研究, 33(2):208-215.

Rapid Assessment Method of Amount of Rural Buildings before Disaster in Different Seismic Intensity based on Line Density Method

HE Haixia, LIU Ming, LI Suju, TANG Tong, HUANG He

(National Disaster Reduction Center of China and Satellite Disaster Reduction Application Center, Beijing 100124, China)

Abstract

Aiming at the problem of the limited efficiency and low accuracy which is induced by the traditional rural buildings statistics are not satisfied the spatial random distribution of disaster range and the requirement of automatic classification and identification algorithm not strong etc., we took the Yutian $M_s 7.3$ earthquake in Xinjiang as the example and estimated the amount of rural buildings in different seismic intensity by using linear density methods, combined with the characteristic that the distribution of rural buildings is along the road and have the big density in Luzhou area. The results indicated that the cost time and accuracy of liner density method is one fifth and 94% than that of point plotting method, which indicate that the accuracy of linear density method can satisfy the operations requirement of disaster reduction.

Key words: linear density; amount of rural buildings; seismic intensity; rapid assessment; early assessment