

湖北省人口数据空间化及在巴东 Ms5.1 地震灾情盲估中的应用^{* 1}

丁文秀^{1,2)} 张亦梅¹⁾ 陈振拓³⁾ 特木其勒¹⁾ 韩贞辉⁴⁾ 李 垠¹⁾

(1)中国地震局地震研究所(地震大地测量重点实验室),武汉 430071
(2)中国地质大学(武汉)地空学院,武汉 430071
(3)福州市勘测院,福州 350000
(4)中国地震局地质研究所,北京 100029

摘 要 通过样本数据建模,改进传统的人口分布模型中“行政区划的统计样本”与“网格单元”尺度不一致的问题,并将湖北省人口数据空间化结果应用于巴东 Ms5.1 地震灾情盲估。结果表明,人口数据空间化方法可以较好地反映人口分布情况,用该数据得到的灾情盲估结果有较高的可信度。

关键词 人口分布;人口数据空间化;巴东地震;地震灾情;盲估

中图分类号:P315.9

文献标识码:A

SPATIALIZATION OF POPULATION DATA FOR HUBEI PROVINCE AND ITS APPLICATION TO RAPID ASSESSMENT OF EARTHQUAKE LOSS—A CASE OF BADONG Ms5.1 EARTHQUAKE

Ding Wenxiu^{1,2)}, Zhang Yimei¹⁾, Chen Zhentuo³⁾, Temu Qile¹⁾, Han Zhenhui⁴⁾ and Li Yin¹⁾

(1)Key Laboratory of Earthquake Geodesy, Institute of Seismology, CEA, Wuhan 430071
(2)Institute of Geophysics & Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430071
(3)Fuzhou Investigation and Surveying Institute, Fuzhou 350000
(4)Institute of Geology, CEA, Beijing 100029

Abstract The method of population grid data spatialization base on sample instead of region's statistical data and rapid loss assessment in Badong earthquake was introduced in the paper. The results show that the method reflects actual population distributio, and the result of assessment is credible. The method the can quickly provide disaster information of spatial orientation after the Earthquake.

Key words: population grid spatialization; rapid earthquake loss assessment; Badong earthquake; earthquake loss; rapid assessment

地震灾情盲估是指在地震发生后 30 min 内,依据基础地理数据估计灾区人员伤亡、经济损失等情况,又称为快速评估^[1]。由于缺少详细的人口空间分

布数据,传统的地震灾情盲估只能采用以行政单元为基础的人口统计数据,是制约地震灾情盲估精度的瓶颈。人口数据空间化是将以行政单元为基础的人口

* 收稿日期:2014-03-12

基金项目:国家软科学计划项目(2010GXSB156)。

作者简介:丁文秀,男,1981 年生,工程师,博士生,从事地震灾情评估与应急救援研究工作。E - Mmail:dwx_cug@qq. com。

统计数据在空间尺度上延伸,以反映行政区划内部的人口空间分布特征及其规律,有着较高的“空间分辨率”。为了提高人口空间化数据的精度,使其更好地应用于地震灾害评估,本文采用城乡分区和样本数据建模两种方式,在城乡分区的基础上选取一定数量的人口数据样本,分别建立城镇地区、农村地区人口模型。

1 人口数据空间化

人口分布与城乡布局密切相关,为防止使用统一模型而带来的模型误差,建立分区域的城镇人口分布模型与农村人口分布模型。同时,在城乡分区的基础上,选取一定数量的城市(镇)建成区人口统计数据、行政村人口作为样本数据(表1)。

依据湖北省行政区划图生成 1 km × 1 km 格网数据,以此作为格网数据库的基础。逐一将城镇分布、自然村分布、交通数据、数字高程、土地利用/覆盖等数据(表2)进行网格化并存入格网数据库,进行归一化处理。对城镇、农村区域的样本数据进行定量分析,对土地利用模型进行改进,分别建立城镇人口分布模型、农村密度权重模型。以城镇建筑用

表 1 样本点分布情况

Tab.1 Distribution of samples					
地市(州) 名	城镇样 本个数	农村样 本个数	地市(州) 名	城镇样 本个数	农村样 本个数
武汉市	12	20	孝感市	10	11
黄石市	6	10	荆门市	10	10
襄阳市	10	12	咸宁市	10	12
荆州市	10	10	随州市	8	10
宜昌市	13	12	鄂州市	3	5
黄冈市	3	10	神农架林区	3	6
十堰市	10	10	恩施自治州	10	10
仙桃市	5	10	天门市	4	8
潜江市	5	10			

表 2 数据及数据源

Tab.2 The data and the data sources		
类型	数据及数据源	
统计数据	湖北省“六普”人口	湖北省 2010 年人口普查资料
	城镇建成区人口数据	中国建制镇统计年鉴 2012
	乡、镇、街道办数据	湖北省行政区划图
	城镇分布	Landsat TM 数据
社会历史	行政村分布数据	湖北省行政村分布图
发展因素	交通基础设施数据	湖北省交通分布图
自然地理因素	数字高程(DEM)	ASTER 数据
	土地利用/覆盖数据	中国科学院地理科学与资源研究所

地、农居用地、交通网密度为主要建模因子建立城镇人口密度权重模型:

$$P_{(i,j)} = (Area_a_{(i,j)} \times m + Area_b_{(i,j)} \times n) \times Traffic_{(i,j)} \tag{1}$$

式中, $P_{(i,j)}$ 为网格单元内的人口密度权重, $Area_a_{(i,j)}$ 为网格单元内城镇建筑用地面积, $Area_b_{(i,j)}$ 为网格单元内农居用地面积, m 、 n 分别为城镇建筑用地、农居用地的权值, $Traffic_{(i,j)}$ 为交通网密度的归一化值。

通过对样本数据分析得出,农居用地、农业用地格局是影响农村区域人口分布的主要因素。为确保数据的合理性、准确性,引入自然村分布进行辅助建模控制,则农村地区格网人口的分布为:

$$P_{(i,j)} = ((k \times Area_b_{(i,j)} + j \times Area_f_{(i,j)}) \times DEM^1_{(i,j)}) \cup V \tag{2}$$

式中, $P_{(i,j)}$ 为网格单元内的人口密度权重, $Area_f_{(i,j)}$ 为网格单元内农业用地面积, j 为农业用地面积的权值, $DEM^1_{(i,j)}$ 为归一化高程, V 为自然村分布缓冲区域。

以乡、镇、街道等行政单元的人口统计数据作为总量控制,用城镇、农村区域的人口密度权重生成公里网格单元人口密度数据,计算公式^[2]为:

$$Pop_density_{(i,j)} = (P_{(i,j)} / \sum P_{(i,j)}) \times Pop_i \tag{3}$$

式中, $Pop_density_{(i,j)}$ 为网格的人口密度, $P_{(i,j)}$ 为空间任意公里网格的人口密度权重值, Pop_i 为行政单元人口统计数据。将城镇和农村对应的公里网格矢量数据图层合并,得到全省人口的空间化结果,如图1所示。

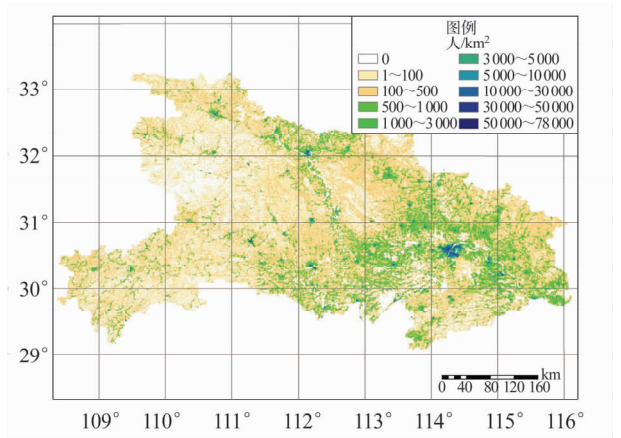


图 1 2012 年湖北省人口分布图
Fig. 1 The population distribution of Hubei in 2012

2 巴东 Ms5.1 地震灾情盲估

2013 年 12 月巴东县发生 Ms5.1 地震,地震波及巴东县的东壤口镇、官渡口镇、信陵镇、溪丘湾乡

和秭归县的泄滩乡、沙镇溪镇等地区。Ⅶ度区位于东瀼口镇。本文以地震灾区Ⅵ度及以上区域作为研究区,进行人员伤亡评估、救援区域的划分。

2.1 人员伤亡、无家可归人员评估

地震灾区人员伤亡的计算式为^[3]:

白天RD=0.000 97e^{0.5(I-7)}D
RI=0.008 829e^{0.5(I-7)}D

(4)

夜晚RD=0.012 6× $\frac{I-4.76}{I+0.25}$ e^{0.5(I-7)}D
RI= $\frac{0.068 6}{I+0.25}$ e^{0.5(I-7)}D

(5)

其中,RD 为死亡率,RI 为受伤率,I 为地震烈度,D 为房屋破坏率。根据公式(4)、(5)估算出的地震灾区人员伤亡结果见表3。

无家可归人员计算公式为^[4]:

$M_n = \frac{A_5 + A_4 + A_3/2}{A_m} - M_d$

(6)

其中,A₃、A₄、A₅ 分别为网格单元内中等、严重、完全破坏的房屋面积,A_m 为网格单元人均住房面积,M_d 为网格单元内死亡人数。估算出的地震灾区无家可归人数及分布见表3 与图2。

将现场灾情调查统计结果分别与行政单元的人口统计数据(用全国地震应急系统运行的“地震快速评估系统”软件)、中国科学院地理研究所的人口网格数据(无抽样数据的传统土地利用人口模型)、本文的人口网格数据得到的评估结果进行对比发现,用人口网格数据计算出的评估结果比行政单元统计数据的评估结果要好;用本文的人口网格数据比传统土地利用人口模型得到的评估结果更加接近真实的调查统计结果(表3),说明本文基于抽样得到的人口模型比传统土地利用人口模型精度更高,能够更好地体现实际人口分布情况。

2.2 救援区域划分

在震后初期,救援区域分级可以为救援力量部

表3 人员伤亡、无家可归人员评估结果

Tab.3 Result of estimation for the casualties and the homeless

	现场灾情调查统计结果	行政单元人口统计数据		中国科学院地理研究所人口网格数据		本文人口网格数据	
		评估结果	误差	评估结果	误差	评估结果	误差
死亡人数	0	0	0	0			
受伤人数	5	0	100.00 %	0	100 %	8	60.00 %
无家可归人数	740	121	83.60 %	1 134	53.20 %	813	9.80 %

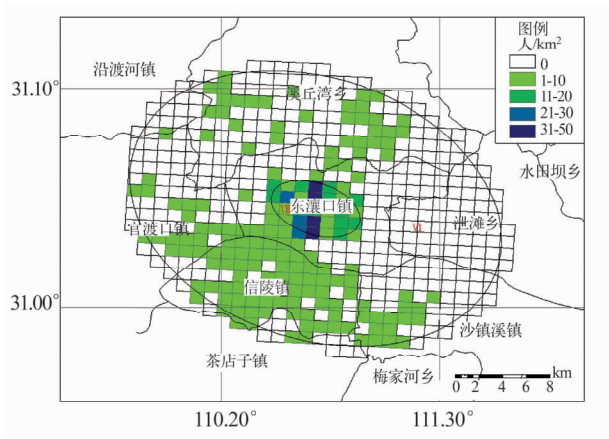


图2 巴东地震灾区无家可归人员分布
Fig.2 Distribution of the homeless in the stricken area of Badong earthquake

署提供依据。房屋倒损是造成人员压埋的主要因素,同时倒损房屋的结构类型、面积及其分布也是影响地震应急救援难度的主要指标。因此,首先对地震灾区的房屋网格数据作易损性分析,计算出灾区网格单元内各类房屋的倒损情况。其次,结合网格单元内人员伤亡、无家可归人员的数据分布,实现救援区域的划分^[5](图3)。地震灾区经济发展水平较

低,特别是震中Ⅶ度区的东瀼口镇,当地居民所居住的房屋结构主要以砌体、土石结构为主,因此救援区域可以初步分为3个区域:从房屋毁坏程度来看,1区以砌体、土石结构房屋毁坏与严重破坏为主;2区以土石结构房屋的毁坏与严重破坏为主;1区、2区可能会有人员压埋,同时救援工作面临大量的无家可归人员的安置工作,是热点救援区域;3区房屋破

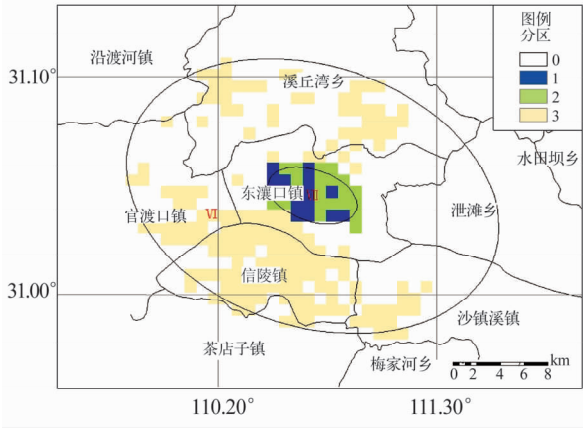


图3 巴东地震灾区救援区域划分
Fig.1 Rescue region of Badong earthquake