

罗磊,汪斌.基于GIS的震后修复建筑物空间分布格网化方法研究[J].地震工程学报,2018,40(6):1362-1365.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.06.1362

LUO Lei, WANG Bin. GIS-based Gridding Method for Spatial Distribution of Post-earthquake Repaired Buildings[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(6): 1362-1365. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.06.1362

基于GIS的震后修复建筑物空间分布 格网化方法研究

罗磊, 汪斌

(黄山学院建筑工程学院, 安徽 黄山 245041)

摘要: 针对传统格网化方法存在计算误差较大、计算效率较低等问题,提出一种新的方法——基于GIS的震后修复建筑物空间分布格网化方法。利用DEM数据、土地数据以及基础地理数据等,提取地形、地貌等各种影响因子。利用建筑面积总和以及土地利用分类数据进行多元线性回归建模,获取50 mm格网尺度下的建筑分布,利用POI数据与建筑空间的相关性,引入四叉树获取最高中心点集,在上述基础上构建格网震后修复建筑物空间分布模型,完成震后修复建筑物空间分布。实验结果表明,所提方法可有效降低计算误差,提高计算效率。

关键词: 震后修复; 建筑物; 空间分布; 格网化方法研究

中图分类号: TP277

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2018)06-1362-04

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.06.1362

GIS-based Gridding Method for Spatial Distribution of Post-earthquake Repaired Buildings

LUO Lei, WANG Bin

(College of Architecture Engineering, Huangshan University, Huangshan 245041, Anhui, China)

Abstract: To solve the problems of the traditional gridding method, i.e., its relatively large computational error and low computational efficiency, in this work, we propose a new GIS-based method that uses DEM data, land data, and basic geographic data to extract various influence factors such as topography and landform. Using the sum of the construction area and land-use classification data, we establish a multiple linear regression model and obtain the distribution of buildings on a 50-mm grid scale. We then determine the correlation between the POI data and the building space to establish a spatial distribution model for post-earthquake repaired buildings. The experimental results show that the proposed method effectively reduces calculation error and improves calculation efficiency.

Keywords: post-earthquake repair; building; spatial distribution; gridding method

收稿日期: 2017-08-20

基金项目: 2017年度国家自然科学基金项目青年基金项目(11701208);安徽省教育厅高校自然科学一般研究项目(KJHS2015B13)

第一作者简介: 罗磊(1982—),男,安徽蚌埠人,硕士,讲师,研究方向:建筑设计及其理论、建筑技术、绿色建筑、传统建筑。

E-mail: xli0630@163.com。

0 引言

我国是世界上地震灾害最为严重的国家之一,强烈的地震灾害对人民生命财产安全造成了巨大危害^[1-3]。在地震发生后,快速地评估地震造成的人员伤亡以及经济损失,可有效地为政府部门提供基本的决策依据。但目前数据更新仍然存在以下问题:(1)数据更新缓慢。(2)数据不完整等。为了提高地震发生后损失评估的精确度,已有部分学者利用空间分布网格化进行研究^[4-5]。

目前,已有部分研究取得了一定成果,例如文献[6]提出的一种基于空间回归的城市人口格网化方法,以常住人口为统计数据,提取相关的灯光数据来减轻交通以及城市亮化区等造成的影响,利用空间回归模型对某市常住人口进行回归,并对回归结果进行修正。该方法能够详细地描述人口分布情况,但计算效率偏低。文献[7]提出基于 GIS 的格网化分空间规划方法,利用旅游资源群评价模型与旅游功能区识别模型相结合,通过标准的旅游信息采集等构成空间规划方法。该方法具有一定的实用性,但是计算误差较大。

1 震后修复建筑物空间分布格网化方法

1.1 震后修复建筑物影响因子分析

利用 DEM 数据、土地利用数据以及基础地理数据等,提取地形、地貌等各种影响因子^[8]。主要研究过程如下:

将建筑物面积进行空间化,并且按照一定的规则将其分配到相应的网格中。在进行统计的过程中,将居民居住区与非居民居住区进行重新划分。假设 $m=1$ 代表居民居住区, $m=2$ 代表非居民居住区。设定单元内建筑总面积为 S , m 类的区域分类比例可以表示为 R_m , 利用下式给出区域分配后的建筑面积为:

$$S_m = S \cdot R_m \quad (1)$$

如果单元格内一共有 N_g 个格网,在网格 g 内存在影响因子 F_i 。为进一步研究因子 F_i 对震后建筑物空间分布的影响,进一步划分为 $N(i)$ 个子空间,设定 g 内与 m 类居民区内第 j 个因子 F_{ij} 的占地面积为 A_{mgij} ,如果设定网格的分布密度是不变的,则 F_i 的建筑面积可以估计为:

$$q_{mgi} = \sum_{j=1}^{N(i)} (D_{mij} \cdot A_{mgij}) \quad (2)$$

式中: D_{mij} 代表空间分布密度。

将 D_{mij} 作为建筑面积分配的内权重系数,利用抽样的方式确定 D_{mij} 。如果在抽样区域内,建筑面积设定为 S_{mij} , 即:

$$D_{mij} = \frac{S_{mij}}{A_{mgij}} \quad (3)$$

设定有 N 类影响因子,在 m 类居民区域中,利用 W_{mi} 来表示第 i 类因子 F_i 的建筑面积分配权重系数,则利用下式给出格网 g 多因子加权求和的建筑面积计算结果:

$$q_{mg} = \sum_{i=1}^N (W_{mi} \cdot q_{mgi}) \quad (4)$$

将式(4)进行归一化处理后,第 g 个分配的建筑面积表示为:

$$\hat{S}_{mg} = \frac{q_{mg}}{\sum_m q_{mg}} \cdot S_m \quad (5)$$

如果一个房屋的建筑面积最小为 S_{mf} , 将建筑面积赋值为 0。需要重新调整为各建筑面积分配系数进行归一化处理。则调整后的建筑面积为:

$$S_{mg} = \begin{cases} 0, & S_{mg} < S_{mf} \\ \frac{S_{mg}}{\sum_g (S_{mg} > S_{mf})}, & S_{mg} \geq S_{mf} \end{cases} \quad (6)$$

利用下式给出格网中建筑面积的和为:

$$S_g = \sum_{m=1}^2 S_{mg} \quad (7)$$

1.2 震后修复建筑物空间分布格网化方法

利用建筑面积总和以及土地利用分类数据进行多元线性回归建模,获取 50 mm 格网尺度下的建筑分布,利用 POI 数据与建筑空间的相关性,引入四叉树获取最高中心点集,在上述基础上,构建格网震后修复建筑物空间分布模型,完成震后修复建筑物空间分布^[9]。具体过程如下:

利用下式给出自变量与因变量之间的线性关系的模型:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} + \epsilon_i \quad (8)$$

式中: y_i 代表第 i 个样本处的因变量; x_i 代表代表第 i 个样本处的自变量; β_0 代表该模型的常数项; β_k 代表第 k 个回归变量的系数; p 代表回归变量的个数; ϵ_i 代表第 i 个样本处的误差项。

将模型调整为无截距模型, 即有:

$$y_i = \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} \quad (9)$$

式中: y_i 代表第 i 个建筑的建筑统计值; x_{ik} 代表 i 个

街道的土地利用面积; β_k 代表人口密度。

由于考虑到部分区域为人口区,所有的系数均为正值,利用下式给出每个回归系数值减去两倍的最低负值为:

$$\beta'_k=\beta_k-2\times\beta_{\min}\tag{10}$$

式中: β'_k 代表消除负值后的人口密度; $\beta_{\min}$ 代表最低负值。

利用与空间分布相关性较高的 POI 能够有效引导空间在网格尺度下的重分配^[10]。在统计学中,通常利用相关系数来衡量两个变量之间的相关程度,则有:

$$\rho_i=\frac{\sum_{i=1}^n (POP_i-POP\bar{)}(POP_{ij}-POP_j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (POP_i-POP\bar{)}^2 (POP_{ij}-POP_j)^2}}\tag{11}$$

式中: POP_i 代表第 i 个建筑的人口统计值; $POP\bar{}$ 代表所有街道的平均人口值; POP_{ij} 代表第 i 个街道第 j 类 POI 的个数; ρ_i 代表 POI 个数与建筑物统计值之间的相关系数。

利用下式给出子区域内最小欧式距离之和为:

$$d_{poi}=\sum_{j=1}^s d(POI_j,POI_0)\tag{12}$$

式中: s 代表子区域内的 POI 个数; d 代表欧式距离函数。

通过式(13) 给出重新构建的格网震后建筑重新分配模型为:

$$Grid_{den-newki}=Total_{den-ddk}\times W_{ki}\tag{13}$$

式中: W_{ki} 代表权重值; $Total_{den-ddk}$ 代表重新分配前的建筑密度。

为了利用得到的 q 值来模拟震后修复建筑物的空间分布,任选某区域,根据建筑数量来计算建筑总面积:

$$A_{pop}=\sum_k (Grid_{popk}\times NUM_k)\tag{14}$$

式中: A_{pop} 代表区域 A 内的建筑数量; $Grid_{popk}$ 代表区域 A 格网中的建筑数量; NUM_k 代表单元格网个数。

引入四叉树获取最高中心点集,在上述基础上,构建格网震后修复建筑物空间分布模型,完成震后修复建筑物空间分布:

$$E_{pop}=|A_{pop-new}-A_{pop-old}|\tag{15}$$

综上所述,完成了基于 GIS 的震后修复建筑物空间分布格网化。

2 实验结果与分析

为了验证所提基于 GIS 的震后修复建筑物空间分布格网化方法的综合有效性,需要进行仿真实验。实验环境为 CPU PentiumIV 1.6 G,512 M 内存,windows xp 操作系统。

分别将所提方法与基于空间回归的城市人口格网化方法以及基于 GIS 的格网化分空间规划方法的计算效率进行对比(图 1)。

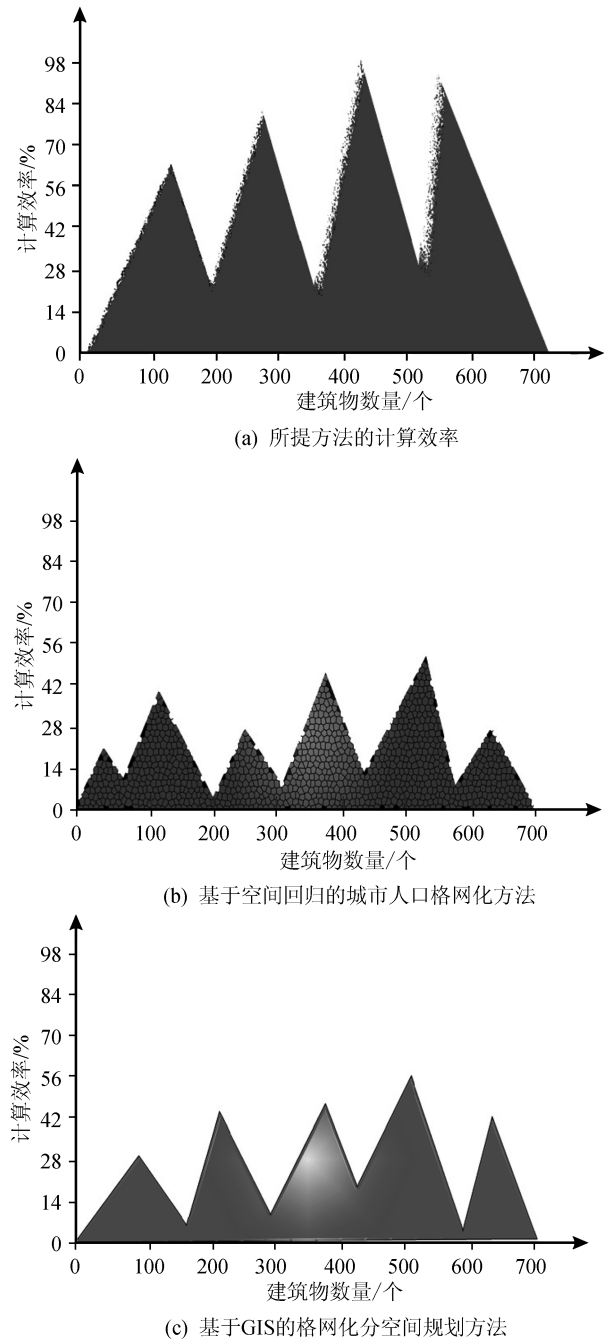


图 1 三种方法计算效率的对比

Fig.1 Comparison between the computational efficiency of the three methods

分析图 1 可知,随着建筑数量的不断增加,不同方法的计算效率也在不断发生变化。本文所提方法的最高计算效率为 98%,基于空间回归的城市人口格网化方法最高为 54%,基于 GIS 的格网化分空间规划方法最高为 64%。通过对比可知,所提方法的计算效率明显高于其他两种方法。由此可见,所提方法有效提高了计算效率,减少了计算时间。

分别将所提方法与基于空间回归的城市人口格网化方法以及基于 GIS 的格网化分空间规划方法计算误差进行对比(表 1)。表 1 中,A 代表所提方法,B 代表基于空间回归的城市人口格网化方法,C 代表基于 GIS 的格网化分空间规划方法。

表 1 不同方法的计算误差对比结果

Table 1 Comparison between calculation errors of different methods			
实验次数/次	计算误差/%		
	A	B	C
10	0.024	0.25	0.48
20	0.013	0.18	0.62
30	0.017	0.32	0.74
40	0.012	0.52	0.87
50	0.011	0.47	0.98
60	0.010	0.36	0.76
平均误差/%	0.0145	0.225	0.742

分析表 1 可知,随着实验次数的不断增加,不同方法的计算误差也在不断发生变化。当实验次数为 10 次时,所提方法的计算误差为 0.024%,基于空间回归的城市人口格网化方法为 0.25%,基于 GIS 的格网化分空间规划方法为 0.48%,所提方法明显低于其他两种方法(0.226%、0.456%)。通过对比 3 种方法的平均值可知,所提方法的平均值明显低于其他两种方法。由此可见,所提方法有效降低了计算误差,提高了计算准确度。

3 结论

针对传统方法存在的一系列问题,提出一种新的方法——基于 GIS 的震后修复建筑物空间分布格网化方法。实验结果表明,所提方法有效提高了计算效率,减少了计算时间,降低了计算误差,使计算结果更为准确。

参考文献(References)

[1] 雷程程,张岸,齐清文,等.格网化的位置微博数据抓取与人群信息提取[J].测绘科学,2017,42(2):125-129.
LEI Chengcheng, ZHANG An, QI Qingwen, et al. Grid-based Location Microblog Data Fetching and Human Information Extraction[J]. Science of Surveying and Mapping, 2017, 42(2): 125-129.

[2] 乔宇鑫,朱华忠,邵小明,等.基于多源数据的家畜活动密度分布格网化研究[J].中国科技资源导刊,2017,49(6):53-59.
QIAO Yuxin, ZHU Huazhong, SHAO Xiaoming, et al. Research on Gridding of Livestock Spatial Density Based on Multi-source Information[J]. China Science & Technology Resources Review, 2017, 49(6): 53-59.

[3] 李翔,陈振杰,吴洁璇,等.基于夜间灯光数据和空间回归模型的城市常住人口格网化方法研究[J].地球信息科学学报,2017,19(10):1298-1305.
LI Xiang, CHEN Zhenjie, WU Jiexuan, et al. Gridding Methods of City Permanent Population Based on Night Light Data and Spatial Regression Models[J]. Journal of Geo-information Science, 2017, 19(10): 1298-1305.

[4] 史华.基于复杂网络的建筑物强震下抗毁性估计模型[J].地震工程学报,2017,39(6):1024-1028.
SHI Hua. Invulnerability Estimation Model of Buildings with Complex Networks under Strong Earthquakes[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2017, 39(6): 1024-1028.

[5] 潘毅,李玲娇,姚蕴艺,等.砖石结构古建筑震后破坏状态评估方法[J].西南交通大学学报,2016,51(4):704-713.
PAN Yi, LI Lingjiao, YAO Yunyi, et al. Evaluation Methods for Post-Earthquake Damage State of Ancient Masonry Buildings[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2016, 51(4): 704-713.

[6] 禹真,卢德彬,白彬,等.基于 GIS 的县域旅游场强空间格局演变及驱动力研究[J].水土保持研究,2016,23(3):150-154.
YU Zhen, LU Debin, BAI Bin, et al. Spatial Pattern Evolution of Tourism Economic Field Strength and Driving Force at County Level Based on GIS[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2016, 23(3): 150-154.

[7] 王新妮,吴海波.钢筋混凝土建筑在连续震动下的壁板结构破坏程度分析[J].地震工程学报,2017,39(6):1018-1023.
WANG Xinni, WU Haibo. Damage Analysis of Panel Structures in Reinforced Concrete Buildings Subjected to Continuous Vibration[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2017, 39(6): 1018-1023.

[8] 李亚龙,赵艳玲,陈慧玲,等.基于格网法表土剥离时空顺序确定[J].中国矿业,2016,25(10):97-100.
LI Yalong, ZHAO Yanling, CHEN Huiling, et al. Confirmation of Topsoil Stripping Sequence of Time and Space Based on Grid Method[J]. China Mining Magazine, 2016, 25(10): 97-100.

[9] 张珊珊,陈继军,周忠发,等.基于格网 GIS 的重点生态功能区生态系统敏感性研究:以贵州省雷山县为例[J].环境工程,2017,35(4):139-143.
ZHANG Shanshan, CHEN Jijun, ZHOU Zhongfa, et al. Study on the Ecological System of Key Ecological Function Zones Sensitivity Based on Grid GIS: A Case in Leishan County of Guizhou Province [J]. Environmental Engineering, 2017, 35(4): 139-143.

[10] 朱卫浩,陈霞,邵丽芳,等.基于格网的河北省精细化暴雨洪涝灾害风险区划[J].中国农学通报,2016,32(23):142-147.
ZHU Weihua, CHEN Xia, SHAO Lifang, et al. Refined Risk Zoning of Storm and Flood Disaster in Hebei: Based on Grid Data[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(23): 142-147.