

# 基于 GIS 的城市建筑防震减灾系统

王毅恒<sup>1</sup>, 钟小兵<sup>1</sup>, 田北平<sup>1</sup>, 王东<sup>1</sup>, 李升才<sup>2</sup>

(1. 四川理工学院建筑工程学院, 四川 自贡 643000; 2. 华侨大学土木工程学院, 福建 泉州 362021)

**摘要:**城市建筑物的震害预测和震害分析是防震减灾研究的主要内容。文章利用地理信息系统(GIS)的空间分析管理功能,建立了基于 GIS 的城市建筑物空间数据库,并根据城市建筑物的特点,结合震害预测方法,在 ArcView 环境下集成了城市建筑物防震减灾计算机系统。

**关键词:**城市建筑物;地理信息系统;防震减灾

**中图分类号:**TU984.11<sup>+</sup>6

**文献标志码:**A

## 引言

2008 年汶川地震以后,我国全面开展了地震灾害损失评估实践,逐步形成了一套完整而实用的评估方法。而这套评估方法的重中之重则是整个城市建筑物的震害预测评估工作。因此,城市群体建筑物的防震减灾工作成为了地震工程的重要研究方向。但是,由于地震的不确定性和整个规划区内群体建筑物的复杂性、特殊性,要求各种震害分析方法在考虑实际应用的同时还要考虑影响城市建筑物破坏的多种因素,如建筑场地的卓越周期、地震动参数和结构的动力特性等。但多种因素很难统一于一个分析系统中。目前的分析方法中还忽略了考虑规划区内建筑物的空间位置与其震害的关系。比如同一抗震等级的建筑物,在液化和非液化不同的场地上的建筑物,其震害结果也会不同。

地理信息系统(GIS)是一种具有多种功能的空间信息系统,由计算机硬件、软件、数据和用户组成,用以进行地理信息的采集、存储、管理、分析和表达等。通过 GIS,人们进行交流的信息都可以归结成有空间位置的地理信息。因此,地理信息系统的产生和发展越来越受到人们的重视。本文将城市 GIS 系统应用于福建省宁德市防震减灾工作。并以宁德规划区为研究对象,研制

宁德防震减灾地理信息系统。选择宁德规划区,是因为宁德位于福建北部,距离福建地震带较近,加上近年来的发展,宁德已具有一定规模的城市化建设,同时,规划区内还具有代表性的农村地区。因此,宁德防震减灾地理信息系统有一定的代表性。

## 1 城市规划区内建筑物震害预测方法

城市建筑结构类型多样、单体建筑数量巨大,对于这一问题采用群体建筑类比预测法。首先,在建立规划区震害样本库<sup>[1]</sup>基础上,将砖混、框架等不同结构类型的建筑物进行分类。然后,提取建筑物的建设年代、现状质量和用途等主要影响因素;最后,类比出规划区内易损性单元格内所有建筑的抗震能力;求取待预测建筑物的震害指数,最终得到规划区内房屋的震害矩阵。利用宁德市类比分析预测方法的分析结果,就能在宁德 GIS 系统中导出宁德市震害分布图。可以从地形图中直观的得出城市抗震薄弱区域。

### 1.1 规划区单元格内群体建筑震害预测方法

城市群体建筑的类比预测方法,通过同一种结构类型进行类比,以减少建筑物震害预测的误差。首先,对城市不同结构类型的建筑物分类。然后,利用加权海明距离在每个易损性单元格内按不同结构类型类比出其

收稿日期:2013-02-04

基金项目:国家自然科学基金项目(50948036)

作者简介:王毅恒(1986-),男,湖北荆州人,助教,硕士,主要从事工程抗震方面的研究,(E-mail)wangyiheng0128@163.com

它建筑的震害指数,根据震害指数对不同震害等级下建筑物进行震害预测。用  $X, Y$  分别表示需要预测建筑物与样本库中的两幢建筑物,它们的高度分别用  $x_1$  和  $y_1$  表示,建设年代分别用  $x_2$  和  $y_2$  表示,现状质量分别用  $x_3$  和  $y_3$  表示,用途分别用  $x_4$  和  $y_4$  表示,定义加权海明距离<sup>[2]</sup>,比较两幢建筑物的相似程度。

$$d(X, Y) = \sum_{i=1}^4 \omega_i |x_i - y_i| \quad (1)$$

式中:  $\omega_i (i = 1, 2, 3, 4)$  一权重<sup>[3]</sup>,表示每个因素对这一问题贡献的大小。 $x, y$  代表的编码采取同趋向原则确定。

### 1.2 易损性单元格震害预测具体方法

在类比计算单元格内群体建筑震害时,利用海明距离公式求得各建筑之间的海明距离后,采用最小二乘法类比出建筑的震害指数。即取海明距离最小的三个值所对应的震害指数与海明距离作线性回归,以其截距所对应的震害指数作为预测建筑物的震害指数。具体计算方法如下:令  $x_1, x_2, x_3$  分别为求得的最小三个加权海明距离,  $y_1, y_2, y_3$  为相应的震害指数,采用一次线性回归的方法<sup>[4]</sup>。若令截距为  $b_0$ (图 1),则:

$$b_0 = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2)$$

其中,  $\bar{y}, \bar{x}$  为观测值的平均值,即

$$\bar{y} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 y_i, \quad \bar{x} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 x_i \quad (3)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^3 [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sum_{i=1}^3 (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

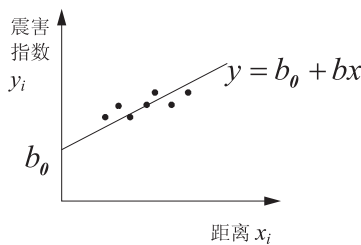


图 1 线性拟合求震害指数

该方法对震害类比预测法进行了简化,提高了通过类比得出的相似建筑物的震害结果的可信度。利用预测出的结果进行统计分析,导入到 GIS 系统中。能够对整个规划区内的一般建筑物进行条件组合查询。例如:点击需要查取的建筑物,就能从 GIS 系统中了解到该建筑物的建筑名称、结构类型、建造年代、用途、建筑面积以及震害预测结果的条件。查询结果将显示在地图下方的列表栏中,双击某项记录可以在地图上定

位显示震害严重建筑物。做到计算结果和地形图的数形结合。

## 2 城市防震减灾地理信息系统

### 2.1 GIS 的建筑物查询系统

首先,采用类比出的宁德市规划区建筑物震害指数数据导入到宁德市地理信息系统中。然后,由创建的宁德市 GIS 系统就能在城市地形图上生成建筑物震害情况分布图。例如:图 2 为宁德市 GIS 系统生成的 6 度设防烈度下的城市规划区震害分布图。从图 2 中就能够划分出抗震能力薄弱的小区主要是位于宁德市蕉城区的部分小区。图 2 中标记为红色部分的单元格所代表的小区主要位于宁德市政府办公大楼所在小区。由于该小区老旧建筑物较多,抗震能力最弱。在 GIS 显示出规划区内震害分布图之后,还可以根据城市建筑改造的实际情况对 GIS 系统<sup>[5]</sup> 中的数据进行实时动态更新。这样可以保证地形图中建筑物和实际情况保持一致。

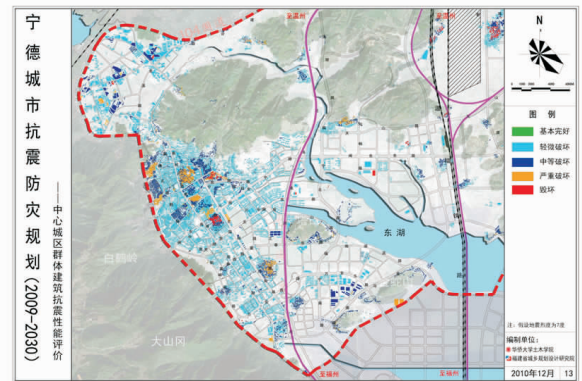


图 2 宁德市建筑物震害面积分布图( VI 度 )

GIS 地形图上反应的结果和实际规划区内反应的结果基本一致。可以显示震害建筑物的详细信息,主要包括地名、道路名称和行政区划等。输入查询条件:定位类型及关键字后,点击“查询”按钮就可进行详细查询;查询结果将显示在查询结果列表中。在查询结果列表中双击某项记录就可以在地图上定位显示点击的地理要素。图 3 是在查询结果列表中点击图 2 划分出的抗震能力薄弱小区中“政府楼”该项记录,就在地图上定位显示该建筑物。并且根据已经预测出的“政府楼”震害预测结果,就能准确统计震害预测严重建筑物的震害面积。以此确定抗震加固的工作量。

通过 GIS 查询系统,可以方便快捷的对整个城市规划区内建筑的抗震能力在城市地形图上面反应出结果。

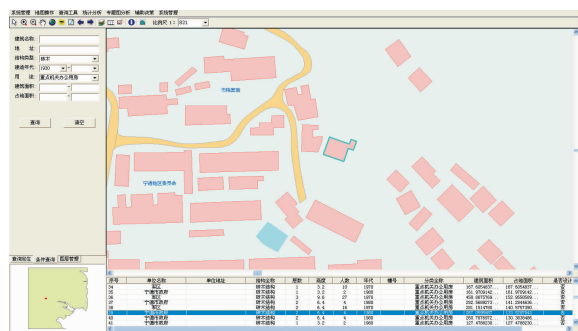


图3 GIS区政府办公楼查询定位

主要在于可以将类比出的群体建筑震害预测结构一一对应到相应的地形图上,也就能够直观的在GIS中划出城市规划区内的抗震薄弱环节。为地震之后的人员疏散以及避震疏散场所的划分在地形图上提供依据。

### 2.2 基于GIS的城市建筑物统计分析

在对城市某一点的单个建筑物进行查询分析之后,根据城市抗震防灾规划的要求还需要对群体建筑进行震害分析统计。在已经建成的GIS系统里单击菜单,选择“统计分析”“建筑结构统计分析”,统计结果对话框,用户可以双击统计报表中的每一行,出现该结构类型统计数据的详细信息并且统计出规划区内建筑物震害矩阵<sup>[6]</sup>。

利用GIS分析统计的建筑物详细信息,还可以从建筑物的年代、层数等不同方面,对规划区内建筑进行详细分析。最后,在于GIS的系统下,生成整个建筑结构专题图,就能够对不同区域、不同结构类型的建筑物的抗震能力进行快捷查询,可以统计出在不同地震等级下建筑的震害面积分布图。为抗震规划之后的抗震加固提供依据。

### 3 结论

本文介绍了在GIS环境下建立的城市建筑物的防震减灾计算机系统的应用。系统集成表明,GIS在城市建筑物防震减灾系统中的应用有许多优点:

(1)软件系统的功能要达到操作程序简单方便,用户界面友好,系统便于维护、扩充和数据整理方便、可靠。

(2)以GIS为开发平台,反映了地震危险性分析、建筑结构易损性分析和地震危害性分析之间的相互关系。

(3)安全保密性好,与外系统有安全、合理、可靠的接口,数据管理使用有可靠的权限控制。

(4)城市建筑物防震减灾系统可以与其它防灾减灾系统接口,作为综合防灾体系的其中一个子系统。

### 参考文献:

- [1] 马东辉.城市抗震防灾规划标准实施指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [2] 汪陪庄.模糊集合论及其应用[M].上海:上海科学技术出版社,1983.
- [3] 王志涛,苏经宇,马东辉,等.群体建筑物震害特征类比预测方法与应用[J].北京工业大学学报,2008,34(8):843-847.
- [4] 李升才,王毅恒.城市群体建筑物的震害预测[J].华侨大学学报,2012,33(1):76-77.
- [5] 王晓青.基于GIS的地震现场灾害损失评估系统[J].自然灾害学报,2004,13(1):121-122.
- [6] 胡少卿.基于建筑物易损性分类的群体震害预测方法研究[J].地震工程与工程振动,2010,30(3):99-100.

## GIS-base Earthquake Prevention and Hazard Mitigation System for Urban Buildings

WANG Yi-heng<sup>1</sup>, ZHONG Xiao-bing<sup>1</sup>, TIAN Bei-ping<sup>1</sup>, WANG Dong<sup>1</sup>, LI Sheng-cai<sup>2</sup>

(1. School of Architecture Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China;

2. College of Civil Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

**Abstract:** The prediction and analysis of the earthquake of urban buildings are the main parts of earthquake prevention and mitigation. In this paper urban sample date base are established based on the spatial managing and operating functions of GIS. According to the characteristics of urban buildings, the seismic risk analysis modules are adopted and the earthquake prevention and mitigation system for urban buildings is integrated under ArcView environment.

**Key words:** urban buildings; GIS; earthquake prevention and disaster mitigation