

快速烈度调查系统探索与实现^{*}

李东平, 龚俊, 沈晓健, 陈军辉, 张薇

(浙江省地震局, 浙江 杭州 310013)

摘要: 介绍了快速烈度调查系统的设计原则、系统构建及实现方法, 并将之利用到地震演习中, 结果显示, 应用该系统可以快速计算灾情空间分布, 快速得到烈度分布模拟结果, 提高了地震现场宏观震害的调查效率。

关键词: 烈度调查; GIS; 人机交互系统; 灾情分布; 地震应急指挥

中图分类号: P315-391

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2013)02-0238-05

0 前言

地震发生后如何准确了解地震灾害的程度和分布, 及时组织有效的抗震救灾工作, 是当前防震减灾工作中亟待解决的问题之一。地震现场科学考察是当前了解震害程度和分布的一个主要方法, 目前震害现场考察仍然停留在比较原始的阶段, 其主要手段为手工记录、画点描图、白天考察、晚上会议讨论。这导致震害现场考察效率低下, 制约灾害评估和震后救援工作的开展(王晓青, 丁香, 2009; 钟羽云等, 2011)。地震现场科学考察迫切需要新技术、新方法来改善当前的工作方式。利用GIS技术、空间定位技术和网络通信技术, 为移动对象提供基于空间地理位置的信息服务, 可以把3G网络与PDA、GPS、GIS结合, 开发烈度调查系统。现场考察队伍通过PDA人机交互界面可以输入地震现场调查的烈度、照片并实时传输回后方指挥的服务器上, 经过专家对每个点可信度评级后, 利用开发的GIS系统, 直接经过空间差值计算, 得出烈度分布。每一个现场调查终端都可以直接连接地震应急指挥部, 扩展地震应急指挥系统的功能。

1 快速烈度调查系统设计原则

在3G无线网络支持下, 现场调查队伍通过PDA调查终端把烈度调查信息传回现场指挥部,

存储在烈度调查系统服务器端数据库中, 系统通过开发程序将震害信息最终分成影像、位置信息、烈度调查信息的烈度调查记录。烈度调查系统接受到信息后在数据库基础上进行解析, 由数据库中的位置字段生成空间地图, 并在电子地图上进行空间定位。

往往由于交通条件和地形条件的不同, 烈度调查点的分布一般是呈不规则、离散分布, 但是点与点之间又具有一定的相关性, 点与点之间具有最近相似性, 为了准确的了解地震灾害分布, 根据已知烈度调查点对附近未知点的属性进行模拟或估计, 可以把烈度调查点看做是三角形的外接圆圆心。因此, 笔者考虑利用泰森多边形方法(又称最近邻点插值法), 该方法是一种根据离散分布的点的计算平均值的方法, 即将所有相邻采样点连成三角形, 作这些三角形各边的垂直平分线, 于是每个点周围的若干垂直平分线便围成一个多边形。用这个多边形内所包含的一个采样点值来表示这个多边形区域内的平均值。因此, 泰森多边形是一种能够较为确切地根据灾情离散点反映地震灾情分布的空间拟合算法。运用泰森多边形和GIS空间分析方法对离散点进行面插值分析和边界修正处理, 并借助GIS技术建立相应的模拟系统。该模型和系统能够随着灾情收集点的变化进行动态的分析模拟, 从而能够在一定程度上快速地反映并确定地震灾情的基本分布情况, 为地震救灾指挥提供相对确切的灾情分布信息(白仙富等, 2010; 毕雪梅等, 2011)。

^{*} 收稿日期: 2012-11-06.

基金项目: 浙江省科技计划项目(2011C23060)资助.

由于地震是小概率事件,有经验的专家数量相对少,年轻的地震工作者现场调查经验不足,快速烈度调查方法可以建立专家和智能系统结合的纠错方法(陈文凯等,2010;李静,李利,2010),可以避免由于经验不足造成的烈度调查信息失真。现场指挥部可以配备现场工作经验丰富的专家,对传回数据库的照片判读,纠正一些烈度判断错误。烈度调查中经常会出现烈度异常区(点),烈度调查系统空间插值可以自动寻找异常点,并剔除干扰点。对于一些不能准确判断的烈度异常,可以通过指挥部直接命令现场调查队伍对异常点进行重新考察。该系统可以在GIS平台上生成采用数据差值的方法绘制烈度分布图,同时利用在快速评估平台由经验模型产生的烈度分布图与其比较,专家对烈度异常进行判读和纠正,可以快速利用现有资源得到烈度分布情况。

2 快速烈度调查系统构建与实现

2.1 系统数据流程

快速烈度调查系统可以利用地震现场获取的离散的地震灾情点信息进行灾情的总体分析和模拟。依靠现场调查队伍上报的地震现场考察点信息,运用GIS空间分析方法对离散点进行面插值分析和边界修正处理,形成适合计算离散灾情采样点的模型和算法,并借助GIS技术实现该模型和算法。该模型和系统能够随着灾情收集点的变化进行动态的分析模拟,从而能够在最短时间内快速地反映并确定地震灾情的基本分布情况。同时,现场调查队伍根据现场指挥部的要求进行对应,对烈度异常点进行核实(图1)。系统能够随着数据的变化不断动态地模拟和分析,动态反映地震现场的灾情分布信息(蔡宗文等,2009;王秀英,聂高众,2009)。

系统软件分为2个部分,一个是在智能手机上的客户端程序,使用者在使用手机摄像头和GPS功能的同时建立与计算机(服务器)的原创连接,将拍摄的照片和添加的属性信息传回到计算机(服务器)的数据库上。计算机端是一个基于GIS的平台,可以将传回的数据按坐标投影到地图上,并可以根据回传的调查点的烈度属性拟合烈度椭圆。

2.2 系统平台设计

快速烈度调查系统基于WEBGIS软件平台Va-

stmap,采用.NET开发框架开发的web系统,数据库采用Postgis空间数据库结合Oracle10g属性数据库,前端PDA采用谷歌Android 2.3系统开发。

(1) 系统开发的软件环境如下:

操作系统:Windows 2003 Sever(服务器)、Windows XP sp2(开发用PC机);编程语言:asp.net, Javascript;开发工具:Microsoft Visual Studio 2010、.net framework 2.0、.net framework 3.0;数据库:Oracle 11g, Postgis;GIS环境:Vastmap1.0;PDA环境:Android 2.3。

(2) 系统运行的软件环境如下:

操作系统:Windows 2000 以上;数据库:Oracle 11g, Postgis;系统环境:Developer Express Windows Forms Component Collection、.net framework 2.0、.net framework 3.0;PDA环境:安卓系统手机或者平板无线终端,安卓2.3以上系统版本。

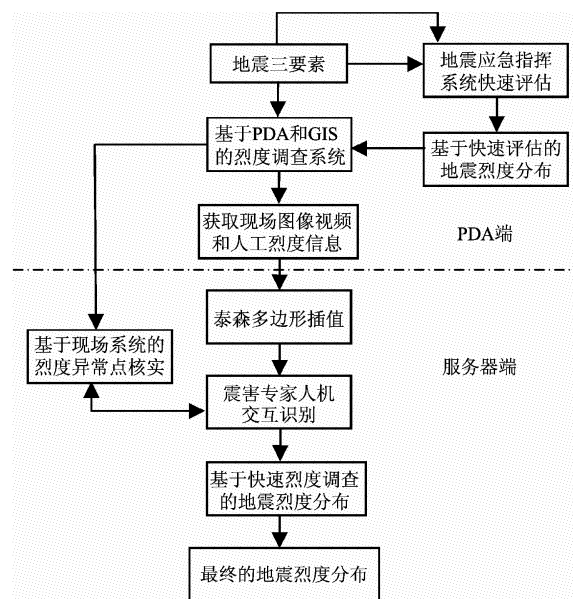


图1 快速烈度调查系统数据流程图

Fig.1 Data flow diagram of rapid seismic intensity investigation system

2.3 系统结构框架设计

根据地震灾害快速调查系统需求的详细分析,地震灾害快速调查系统逻辑框架将应用程序功能分为3个方面,对应3层架构模式,分别是源数据层(DataSource)、数据存储层(DataStorage)数据服务层(DataService)和应用层(Application)(图2)。

源数据层主要是关系型数据库表数据，也包括其它像震害调查点调查信息等数据源，提供数据存储层的数据来源。

数据存储层包含数据存储和与它交互的组件或服务。这些组件和服务在功能上和中间层相互独立（尽管在物理上不必一定相互独立—它们可以在同一台服务器上）。具体有烈度调查数据库、地理空间数据库、文件信息如历史地震图片，录像等。

数据服务层包括操作级实时功能服务、模块级和集成及决策智能支持层。该层包括基本的数据操作服务，如烈度圈的绘制对比服务、现场照片的辨读服务、专家处理现场信息过程、烈度更改记录等。

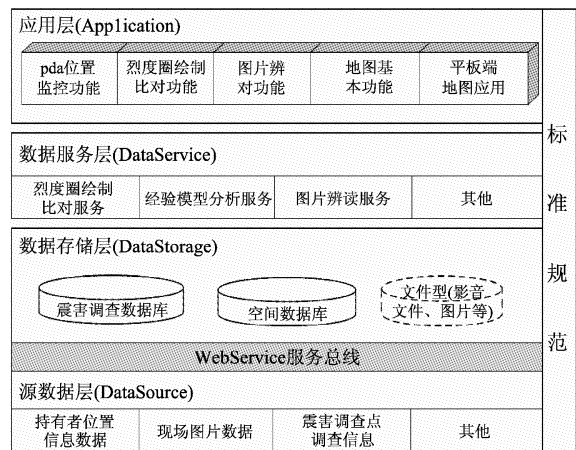


图 2 系统结构图

Fig. 2 Structure diagram of the system

应用层是面对指挥员和专家，界面相对直观、友好。专家从服务层接受系统提供的功能和服务，并向系统反馈意见；指挥员根据反馈意见和数据分析展示，进行相应决策。包括烈度圈插值绘制、PDA 现场监控等功能。

2.4 空间数据数据库设计

快速烈度调查系统方法用软件以 Oracle10g 作为数据库平台，数据库主要包括基础数据库、数据字典两部分。由 2 个表组成，数据保存在 intensitymap 表里。数据库的用户分为普通用户和系统管理员，普通用户只能查询数据库中数据表；系统管理员有最高权限，具有查询，更新表数据，添加删除表或表结构等权力。

在 intensitymap 表中，考虑震时现场情况对时间的要求，大部分字段由系统自动产生，在调查员操作产生一条记录时，系统自动捕捉 CDMA 授

时、GPS 经纬度信息。PDA 持有人信息如电话、调查人等系统在手机数据库中提取自动生成，地点由系统自动在地名库中捕捉，如果与实际不符可以进行修改。需要调查人手工输入的只有烈度判断信息和震害描述（表 1）。

表 1 烈度分布

Tab. 1 Intensity distribution

英文字段	中文含义	数据类型	备注
ID	编码	Char	系统自动产生
name	调查人	varchar2	系统自动产生
Sms	电话	varchar2	系统自动产生
Intens	烈度	number	系统在罗马字符上转化产生数值型记录
date	调查日期	varchar2	PDA 端自动产生
longitude	调查经度	number	PDA 端自动产生
latitude	调查纬度	number	PDA 端自动产生
Location	地点	varchar2	地名库产生，可以修改
Info	文本信息	varchar2	地震现场灾情报告
picture	图片信息	BLOB	各类灾害损失照片、现场工作照片等
intensity	烈度	varchar2	人工填写

2.4 系统实现

2.4.1 界面设计

系统在实现过程中，界面要简洁，主要要素突出，如在信息采集界面，调查员只需要在灾情描述栏中适当进行手工输入，其他信息栏，进行选择操作就可以实现信息的输入，如果感觉烈度与烈度表描述有小偏差，还可以选择“烈度 +”或者“烈度 -”，调查时间是系统根据 CDMA 授时自动生成，一般情况下不需要手工输入。上报人员是根据手机号在系统数据库中提取，然后可以按拍摄键进行照片拍摄，在一个地点可以拍摄多张照片，必要时候可以拍摄视频，完成拍照后，信息采集完毕，就可以上传至服务器（图 3）。

2.4.2 典型代码

当前位置信息和烈度信息采集是系统实现的 2 个重要功能，当前位置信息取自设备的 GPS 模块，模块提供的一般是 WGS84 大地坐标，但由于安卓设备的多样性，也有其他坐标，获取 GPS 模块的位置信息需要将其转换为当前地图坐标系。在烈度信息采集需要在采集照片的同时将拍摄照片的时间、坐标、和其他人工输入信息一并采集。



图3 PDA 登陆界面 (a) 及烈度信息采集界面 (b)

Fig. 3 PDA landing interface (a) and seismic intensity acquisition interface (b)

实现代码如下:

(1) 获取系统 GPS 模块的位置信息

```
private void location (double lon, double lat) {
    Point ptLatLon = new Point (lon, lat);
    SpatialReference sr4326 = SpatialReference.create
    (4326); //获取当前地图信息, 将获取点数据的
    坐标系转换为当前地图坐标系。
```

```
Point ptMap = (Point) GeometryEngine.project (
    Graphic graphic = new Graphic (ptMap,
    new SimpleMarkerSymbol ( Color.BLUE, 15,
    STYLE.CIRCLE));
```

```
graphicsLayer.addGraphic ( graphic ); //获取
到 GPS 点信息后, 将 GPS 点图层添加到现有 pda
图层中。
```

(2) 触发创建现场调查点信息采集事件

```
newImage = directories.getAbsolutePath ( ) +
    " / " + sdf1.format (curDate1) + " . jpg " ;
```

```
File file = new File (newImage);
```

```
Uri imageUri = Uri.fromFile (file);
```

```
photoIntent.putExtra ( MediaStore.EXTRA _
    OUTPUT, imageUri);
```

```
startActivityForResult ( photoIntent, TAKE _
    PICTURE); //捕获系统拍照二进制流写入到图片
文件中, 实现照片文件的生成。并获取拍摄照片
的时间、坐标和其他人工输入信息。
```

服务器端可以实时把获取的调查点投射到地图上, 点击地图上调查点图标, 即弹出调查员在一点采集的调查信息 (图 4a), 包括烈度判断信息、灾情描述信息、时间、调查员信息和照片信息等, 在弹出界面对一个点的多张照片可以进行

翻页浏览。在核实烈度后, 系统可以自动生成插值烈度信息 (图 4b)。

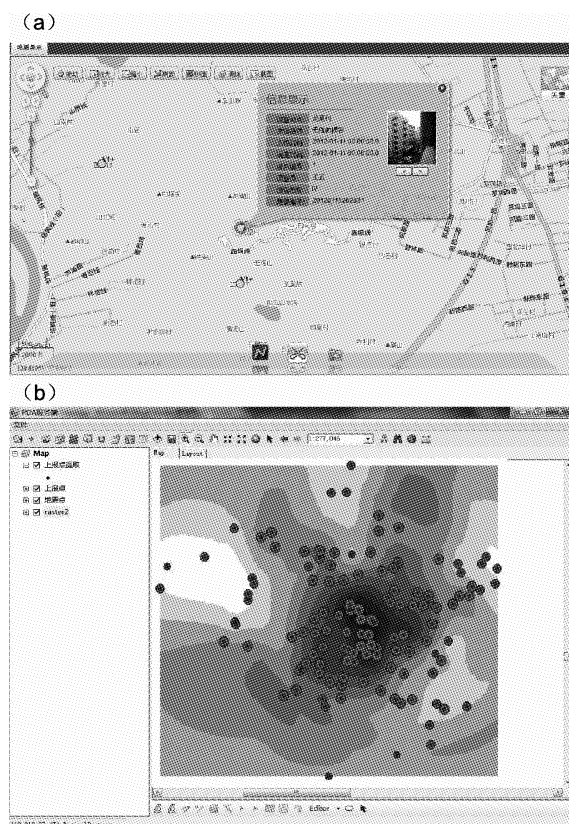


图4 系统实时采集点监控端 (a);

在 CVS 界面烈度插值效果 (b)

Fig. 4 The real-time collection point local monitoring (a); intensity interpolation on CVS interface (b) of the system

4 结论

研究快速烈度调查系统方法, 建立整合 GPS、EGIS 等新技术的人机交互系统, 对通过无线终端上报的离散的灾情信息点进行了快速空间拟和分析, 利用泰森多边形空间插值方法和 GIS 空间分析方法, 基本能够实现根据上传的灾区信息进行灾情空间分布的计算, 得到灾情分布模拟结果 (吴健宏等, 2010; 李俊, 秦嘉政, 2009), 可以提高地震现场宏观震害的调查效率并增强准确性。在理想条件下利用本系统调查一个 4~5 级中小地震, 可以在 1~2 天完成, 较传统方式效果提高 2~3 倍。该调查系统的研究成功将提高目前浙江省乃至全国的整体地震应急水平, 也必将在未来破坏

性地震面前发挥极大作用,减轻地震灾害造成的伤亡和损失。

参考文献:

- 白仙富,李永强,陈建华,等. 2010. 地震应急现场信息分类初步研究[J]. 地震研究,33(1):111-118.
- 毕雪梅,邓民宪,洪海春,等. 2011. 基于 GIS 的震害空间分布图集的设计与编制[J]. 防灾减灾工程学报,31(4):457-461.
- 蔡宗文,危福泉,方宏芳,等. 2009. 基于行政村分布的漳州市城乡震害快速评估系统实现[J]. 震灾防御技术,4(3):328-334.
- 陈文凯,何少林,周中红. 2010. 基于多源数据的震害快速评估方法探讨[J]. 西北地震学报,32(1):76-81.
- 李静,李利. 2010. 基于宏观易损性模型的震灾经济损失快速评估[J]. 人民长江,24:79-81.
- 李俊,秦嘉政. 2009. 地震应急中的应用层多播技术网络视频会议系统[J]. 地震研究,32(3):316-321.
- 王晓青,丁香. 2009. 四川汶川 8 级大地震灾害损失快速评估研究[J]. 地震学报,31(2):205-211.
- 王秀英,聂高众. 2009. 地震应急中诱发滑坡灾害致灾距离快速评估方法[J]. 中国地震,25(3):333-342.
- 吴健宏,翁文国,倪顺江. 2010. 基于 GIS 和 Multi-Agent 的城市应急疏散[J]. 清华大学学报:自然科学版,8:1 168-1 172.
- 钟羽云,张帆,赵冬. 2011. 珊溪水库 M_L 4.6 震群精确定位与发震构造研究[J]. 地震研究,34(2):158-165.

Exploration and Implementation of the Rapid Intensity Investigation System

LI Dong-ping, GONG Jun, SHEN Xiao-jian, CHEN Jun-hui, ZHANG Wei
(Earthquake Administration of Zhejiang Province, Hangzhou 310013, Zhejiang, China)

Abstract

We introduced the architecture design, the principles of system construction and the implementation method of the rapid intensity investigation system, and applied it to the earthquake drill. The results showed that the rapid intensity investigation system could rapidly calculate the disaster spatial distribution, got the intensity distribution simulation results, which improved the survey efficiency of macroscopic damage in the earthquake scene.

Key words: intensity investigation; GIS; man-machine interaction system; disaster distribution; earthquake emergency command