

# 地震灾害损失评估软件开发<sup>\*</sup>

李 西<sup>1</sup>, 周光全<sup>1</sup>, 郭 君<sup>2</sup>, 卢永坤<sup>1</sup>, 非明伦<sup>1</sup>, 陈坤华<sup>1</sup>

(1. 云南省地震局, 昆明 650041; 2 昆明冶金高等专科学校 冶金与矿业学院, 昆明 650033)

**摘要:** 以基于 Windows 操作系统的 MapX 标准控件作为基本开发组件, DelPhi 语言作为集成开发环境, Access 作为外接数据库, 考虑近年来地震灾害损失评估内容的新变化, 并结合最新的地震现场工作规范和云南省地震现场工作的实际, 开发了新的地震灾害损失评估软件。该软件涵盖了当前灾评计算的全部内容, 输入、查询、修改、计算等界面直观、方便, 计算结果可直接以 Word 表格形式输出, 可大大节省地震灾评报告的编写时间, 从而提高地震现场灾评工作的效率。

**关键词:** 集成开发环境; 数据库; 地震现场工作; 地震灾害损失评估

**中图分类号:** TP311.11      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-0666(2009)01-0084-05

## 0 前言

地震现场灾害损失评估系统 (EDLES) 由中国地震局于 1997 年组织编写完成, 经过 1998、2000 和 2004 年三次更新升级, 系统日趋完善, 在地震现场发挥了重要作用, 保障了现场灾评的快捷、准确, 提高了现场工作效率。

但是, 近年来灾评项目有了新的变化: 原先单一的房屋建筑经济损失被分解为民房、卫生、教育和其它公用房屋的经济损失; 房屋建筑结构类型及破坏等级划分、震害指数和失去住所人数计算等内容都有新的改动 (地震现场工作第 4 部分: 灾害直接损失评估, 2005)。云南省地震现场工作队采用基于 Excel 编写的程序对灾害损失进行计算。该计算程序包含许多模块, 没有经过集成, 不易掌握, 且在编写灾评报告时需要从 Excel 表中粘贴大量的数据及结果到 Word 文件的表格中, 过程比较繁琐, 容易出错。

近年来, 对地震现场灾害损失评估工作的要求越来越高, 评估时间不断压缩, 这对现场评估人员的要求也就越来越高, 工作强度不断加大。为了快速、高效地完成地震灾害损失评估工作, 需要研制和编写新的地震灾害损失评估软件, 以便有效减轻现场灾评工作的劳动强度, 充分节约灾评时间。

## 1 软件设计思想及关键技术

编写新的地震灾害损失评估软件的主要目的是解决地震现场数据的录入、查询、检查、修改、计算, 并将计算结果直接输出到 Word 文档中, 为灾害评估报告的编写服务。软件的设计思路是: 运用高级编程语言 DelPhi 结合 GIS 开发控件 MapX (杨斌等, 2005; 张凡和吕汉英, 2000), 编制一个操作界面友好, 功能全面, 数据录入、修改、查询、检查等较为方便, 计算结果准确, 输出速度快捷的地震灾害现场损失评估系统。

该软件的关键技术包括以下三个方面:

(1) 外部数据库与软件的集成技术。该技术主要解决数据的管理、调用问题。

(2) 地震灾害损失计算模型的建立。该技术是解决地震灾害损失评估计算的关键, 只有先建立了计算地震灾害损失的数学模型, 才能解决其在计算机上实现的问题, 这也是对数据进行准确计算的前提条件。

(3) 数据输出。系统要求将各种计算结果直接输出到 Word 文档中, 以方便地震灾害损失评估报告的编写。由于基础数据及各种抽样调查数据和计算结果都存储在数据库中, 要实现将数据直接输出到 Word 文档中, 就要解决数据库与 Word 应用程序的接口问题。

\* 收稿日期: 2008-09-27

基金项目: 云南省地震局青年基金项目 (200707) 资助

## 2 软件总体设计

软件的总体设计目的是回答“系统如何实现”的问题。其主要任务是划分出组成的各物理元素的构成、联系及其定义描述,并根据系统确定的应用目标,配置适当模型和适当数据的硬件和软件,确定计算机的运行环境。

### 2.1 软件总体结构设计及运行环境

新的“地震灾害损失评估软件”系统主要由数据库、功能模块和用户图形界面三部分组成(图 1)。数据库采用通用的数据库软件 Access 对系统所需的数据进行存储和管理;各功能模块及图形界面采用 Delphi 开发工具和 MapX 控件编程实现(李西等, 2007; 林春等, 2002)。

鉴于目前地震现场都使用笔记本电脑进行数据的录入、计算、输出处理,且操作系统几乎都是 Windows XP 考虑到软件开发完成后的运行环境及其稳定性要求,该软件的开发环境选择 Windows XP 操作系统。软件开发完成后,其运行的软、硬件环境没有特别的要求,操作系统可以是 Windows 2000/XP 应用软件只需装有 Microsoft Office 2000 以上办公软件即可。

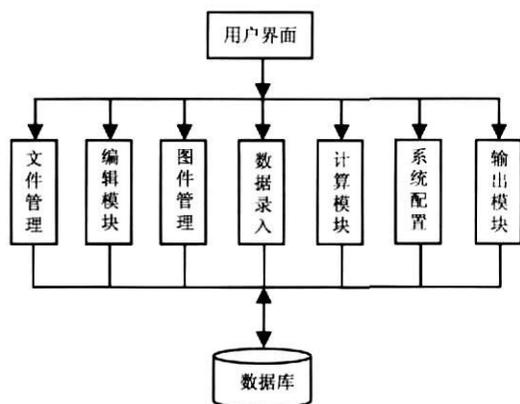


图 1 系统主要功能模块

### 2.2 软件功能设计

软件功能设计的主要任务是根据软件研制的目标来规划软件的规模和确定软件的各个组成部分,并说明它们在整个系统中的作用与相互关系,以确定系统的配置,规定软件采用的技术,保证软件总体目标的实现。

我们的设计目标是参照最新的地震现场工作规范,结合云南地震现场工作的实际,开发一套

数据输入、输出方便,计算功能全面、准确的地震灾害损失评估软件。其主要功能模块如图 1 所示(李西等, 2005; 李东平等, 2006)。

### 2.3 软件数据库设计

软件数据库用于存储、管理灾区资料,为地震灾害损失的计算和报告的编写服务。

结合地震现场工作的实际,目前地震灾害损失评估工作中要搜集的资料主要包括以下几方面(地震现场工作第 3 部分:调查规范, 2001):

- (1) 各类房屋基础资料。包括房屋结构类型、分类(结构)面积、分系统(民房、教育、卫生、其它公用房)面积。
- (2) 灾区经济工作手册。它记录了灾区的社会经济状况。
- (3) 统计年鉴。从中可以了解灾区的自然环境、人口、户数、乡镇、行政村等资料。
- (4) 灾区的地震地质构造背景资料。
- (5) 主震的基本地震参数。
- (6) 灾区各行政区的总损失报告。
- (7) 人员伤亡统计报告。
- (8) 各行政区分项损失(包括民房、教育、卫生、生命线等)的报告。
- (9) 灾区各类房屋单方造价。
- (10) 抽样调查资料。包括数字、文字、照片等。

从搜集的资料可以看出,绝大多数数据都可以用表格的形式给予体现。因此,我们采用关系数据库结构对这些数据进行存储管理。对于一些报告文档及图片类数据,可以通过数据库存储其索引路径,用基于文件管理的方式对其进行管理(郑文锋等, 2007)。

## 3 软件开发及实现

### 3.1 损失模型的建立

由于本软件所涉及的计算模型较多,在此仅列出几个比较典型的损失模型。

#### (1) 房屋破坏总面积模型

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \sum_{b=1}^m S_{i,j} R_{i,j,b} \quad (1)$$

式中,  $A$  表示房屋破坏总面积;  $i$  表示评估区,  $n$  表示评估区的数量,  $n \geq 1$ ;  $j$  表示房屋结构类型,  $k$

表示房屋结构类型数量；表示某种破坏类型， $m$ 表示破坏类型的数量。新规范规定，简易房屋  $m=3$  非简易房屋  $m=5$ ； $S_{i,j,k}$ 表示第  $i$  评估区的第  $j$  种结构类型房屋的总面积； $R_{i,j,k,m}$ 表示第  $i$  评估区的第  $j$  种结构的第  $k$  种破坏比。

该模型的设计思路是：先计算在某一评估区下的某类房屋的各种破坏面积之和，再计算某一评估区下各类房屋的破坏面积之和，最后求出所有评估区的房屋破坏面积。

(2) 房屋直接经济损失模型

$$L_i = \sum_j \sum_k \sum_m S_{i,j,k} R_{i,j,k,m} D_{(k,m)} P_{(k)}, \quad (2)$$

式中， $L_i$ 表示房屋直接经济损失； $i$ 表示评估区， $j$ 表示行政区， $k$ 表示房屋结构类型， $m$ 表示某种破坏类型； $S_{i,j,k}$ 表示第  $i$  评估区中第  $j$  行政区内第  $k$  种结构房屋的总面积； $R_{i,j,k,m}$ 表示第  $i$  评估区的第  $k$ 种结构房屋的第  $m$ 种破坏类型的破坏比； $D_{(k,m)}$ 表示第  $k$ 种结构房屋的第  $m$ 种破坏的损失比； $P_{(k)}$ 表示第  $k$ 种结构房屋的重置单价。

该模型的设计思路是：先算出某一评估区中某一行政区内的某种结构类型房屋的所有破坏类型的经济损失，再算出某一评估区中某一行政区内的所有结构类型的经济损失；第三步是计算出某一评估区内所有行政区的经济损失，最后计算出所有评估区的房屋经济损失（晏凤桐，2003）。

(3) 室内财产损失计算模型

$$L_{in} = \sum_j \sum_k \sum_m S_{i,j,k} R_{i,j,k,m} V_{i,j,k,m}, \quad (3)$$

式中， $L_{in}$ 表示室内财产损失； $i, j, k, m$ 含义与模型 2 相同； $S_{i,j,k}$ 表示第  $i$  评估区中第  $j$  行政区的第  $k$ 种结构房屋的总面积； $R_{i,j,k,m}$ 表示第  $i$  评估区中的第  $k$ 种构房屋的第  $m$ 种破坏类型的破坏； $V_{i,j,k,m}$ 表示第  $i$  评估区中的第  $j$  行政区的第  $k$ 种结构房屋的第  $m$ 种破坏的室内单位面积财产损失值。

该模型的设计思路是：先计算第  $i$  评估区的第  $j$  行政区中第  $k$ 种结构房屋的所有破坏类型的室内财产损失，其次计算出第  $i$  评估区中的第  $j$  行政区内所有结构类型房屋的室内财产损失，第三步是计算出第  $i$  评估区中所有行政区内的室内财产损失，最后计算出所有评估区内的室内财产损失值。

3.2 软件功能的实现

(1) 微观震中的图上定位

在灾区进行实地调查前，地震现场工作组首先要确定微观震中的位置，再根据初步了解的情况对各调查小组进行调查路线的分派。因此，我们在该软件中集成了云南省 1:25万地形图，运用软件中的坐标定位功能，可快速定位地震的微观震中，再结合震中周边的地理、交通、行政区划等背景信息，确定各调查小组的调查路线（图 2）。

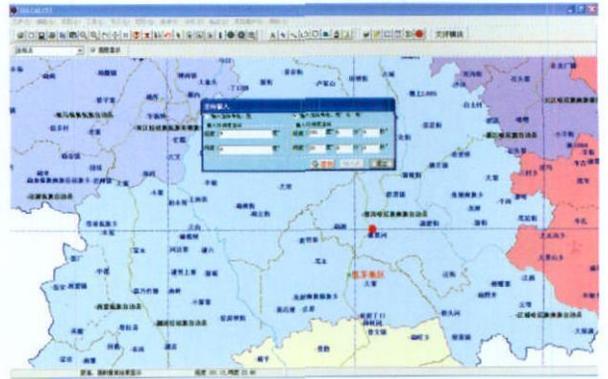


图 2 微观震中的图上定位

(2) 地震灾害损失计算流程

在计算地震灾害损失前，首先得将收集到的房屋结构类型、分类（结构）面积、分系统（民房、教育、卫生、其它公用房）面积，灾区各类房屋单方造价，抽样调查数据等基础资料输入到软件中（图 3），然后对录入的数据进行检查、修

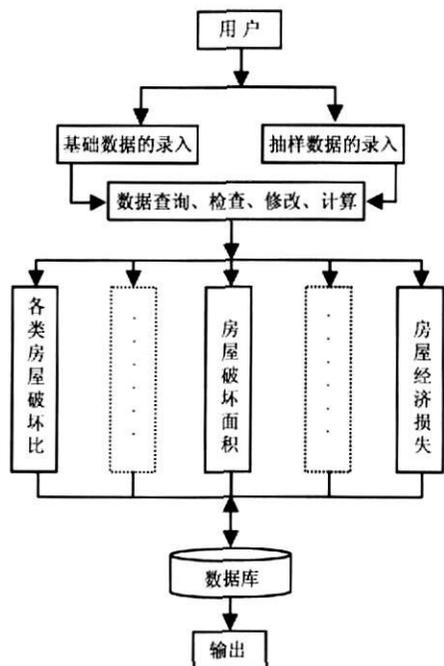


图 3 地震灾害损失计算流程

改，以保证计算结果的准确性。在计算房屋经济损失前，要先计算各类房屋的破坏比，因为房屋直接经济损失、室内财产损失、简易房及非简易房的破坏面积、各系统的经济损失等计算都要用到各类房屋的破坏比。

### (3) 软件测试

软件开发完成后，为了检验其运行状态及计算功能的准确性，我们用近几年的地震现场损失计算数据对该软件进行了测试（图 4）。图 4 a 为对

软件的数据添加、修改、插入功能的测试。图 4 b 为抽样数据的对比检查，其目的是通过对比同一评估区内不同结构房屋的破坏指数来检查数据，如同一评估区内土木结构房屋的破坏指数高于砖木结构房屋的破坏指数，就说明该点可能是异常点，或者数据录入时有问题，这就为数据的检查提供了方便。图 4 c 是对软件的各项计算模块的测试情况。图 4 d 为将计算结果直接输出到 Word 文档的测试情况。

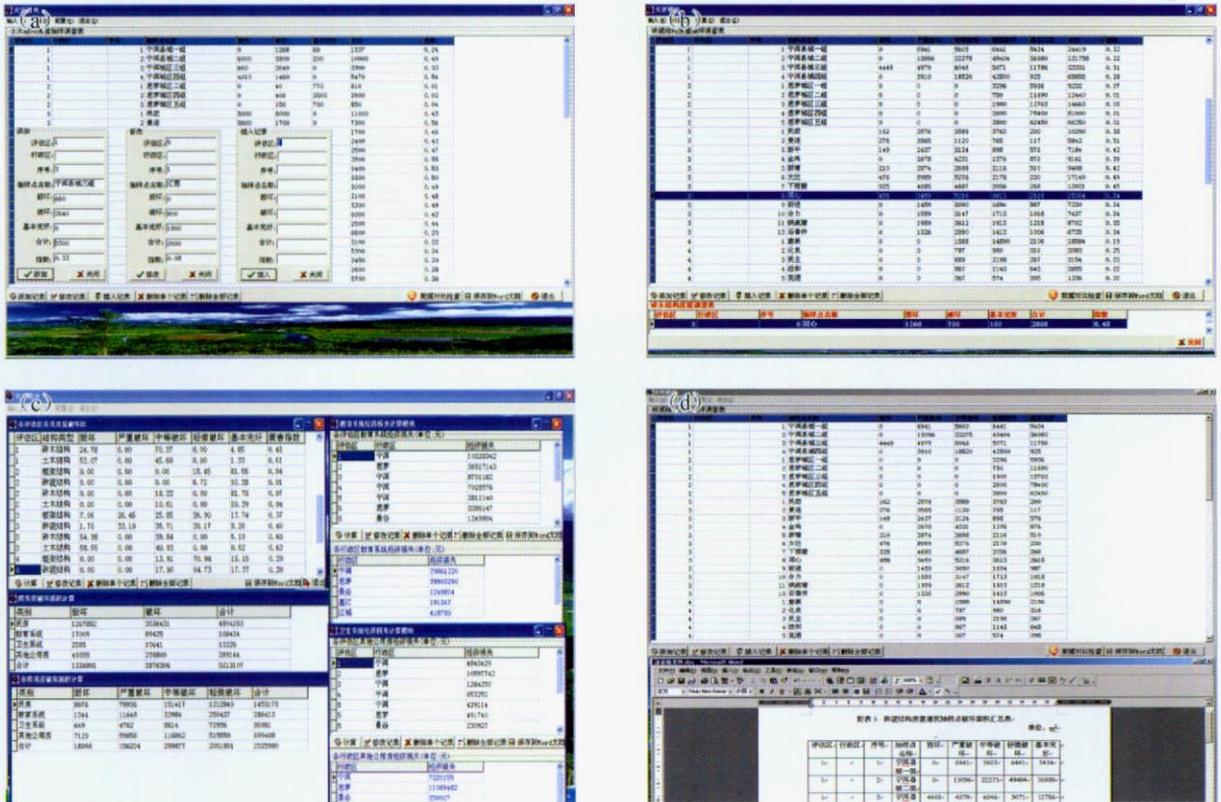


图 4 数据的添加、修改、插入功能测试 (a)、数据的对比检查 (b)、系统的各计算模块测试 (c)、计算结果直接输出到 Word 文档的测试 (d)

## 4 结语

对近几年的地震损失计算数据（这些数据既有单一评估区的损失计算，也有多个评估的损失计算）的测试结果表明，本软件运行稳定，数据的录入、查询、检查、修改、插入等操作简便，计算功能全面、准确，结果输出简单、快捷。但软件集成的云南省 1:25 万地形图，内容还不够丰富，为了更好地满足以后地震现场工作的需要，还需不断丰富地形图的内容。软件还要经过不断的测试和修改，尤其是经过地震现场损失计算的

检验才能更加完善。

新的地震灾害损失评估软件涵盖了当前灾评计算的全部内容，输入、计算、查询、检查、修改等过程界面直观、方便，计算功能全面、准确；计算结果可直接以 Word 表格形式输出，这将大大节省灾评报告的编写时间，提高灾评人员的现场工作效率。

### 参考文献：

李东平, 赵锦慧, 沈晓健, 等. 2006. 基于 GIS 技术的浙江省地震应急指挥演练系统 [J]. 地震研究, 29 (3): 290—293  
 李西, 崔建文, 郭君. 2007. 基于 MapX 的云南省数字强震台站管

- 理地理信息系统的设计及开发 [ J ]. 地震研究, 30 (2): 201—204.
- 李西, 高建国, 郭君. 2005. 矿区多媒体地理信息系统设计 [ J ]. 昆明理工大学学报 (理工版), 30 (2): 7—10.
- 林春, 王渡, 贺贵明. 2002. 利用 MapX 实现的组件式 GIS 技术 [ J ]. 计算机工程, 28 (5): 217—218.
- 晏风桐. 2003. 地震灾情的快速评估 [ J ]. 地震研究, 26 (4): 382—387.
- 杨斌, 叶云霞, 刘小勇. 2005. 基于 MapX 的组件式 GIS 集成系统的开发与应用 [ J ]. 测绘与空间地理信息, 28 (3): 74—77.
- 张凡, 吕汉兴. 2000. 使用 MapX 组件实现地理图形与数据库的结合 [ J ]. 计算机应用研究, (10): 72—79.
- 郑文锋, 银正彤, 阚瓊珂, 等. 2007. 基于 OpenGIS 的地震信息采集与震灾评估系统 [ J ]. 地震研究, 30 (2): 195—199.
- GB/T 18208.3—2000. 地震现场工作第 3 部分: 调查规范 [ S ].
- GB/T 18208.4—2005. 地震现场工作第 4 部分: 灾害直接损失评估 [ S ].

## Development of Earthquake Disaster Loss Assessment Software

LIXI, ZHOU Guang-quan, GUO Jun, LU Yong-kun, FEIMing-jun, CHEN Kun-hua  
 (1. Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)  
 (2. Kunming Metallurgy College, Kunming 650033, Yunnan, China)

### Abstract

According to the newest seismic field work standard that has been added more new content and the fact of seismic field work in Yunnan, we develop new seismic disaster loss assessment software that contains all content of present disaster assessment calculation. We choose standard controls MapX Based on Windows as developing component of software, Delphi language as integrated development environment, and Access procedure as external database. The interfaces of input, query, modification and calculation are direct and convenient. The result of calculation can be outputted in the format of Word table, which can shorten the time of compiling report greatly and improve the efficiency of field disaster assessment work.

Key words: integrated development environment; database; seismic field work; earthquake disaster loss assessment