维普资讯 http://www.cqvip.com

重庆市汛期地质灾害气象预报平台开发与应用

江 凯,许 模,毛邦燕,丁浩江
(成都理工大学环境与土木工程学院,成都 610059)

摘 要:主要介绍了重庆市汛期地质灾害气象预报预警平台的理论基础、系统设计和应用效果。平台采用模块化设计、Visual Basic 及 Visual C 语言编写。根据市气象局每日提供的预报降雨量数据,汛期地质灾害气象预报模型能迅速计算出各预报区域的地质灾害预报等级,并自动绘制生成重庆市地质灾害气象预报等级图。应用实践证明平台具有操作简便,预报结果较为准确的特点,有较高的实用价值和推广价值。

关键词:地质灾害;预报平台;等级图;模块化设计
中图分类号:P694;P457 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-3409(2007)01-0079-03

The Development and Application of Chongqing Geo-hazards Forecasting Platform Based on Weather Forecast During the Flood Season

JIANG Kai, XU Mo, MAO Bang-yan, DING Hao-jiang
(*College of Environment and Civil Engineering of Chengdu University of Technology, Chengdu* 610059)

Abstract: The theoretical basis, system design and application effect of Chongqing geo-hazards forecasting platform are primarily described based on weather forecast during the flood season. The platform adopts mode design, Visual Basic and Visual C compiled. According to the forecasting data of precipitation provided by the Meteorological Bureau, the forecasting model will rapidly compute out ever district's geo-hazards forecasting grade, and produce the Chongqing geo-hazards forecasting grade map automatically. The application proved that the platform has accurate forecasting result and manipulate easily. with high practical value and promoting value.

Key words: geo-hazards; forecasting platform; grade map; mode design

1 引 言

复杂的自然地理环境和不断增加的人类工程活动,使重庆市成为全国地质灾害最严重、受威胁人口最多的地区之一。截至 2003 年底,全市共查出地质灾害隐患点 8 301 处,其中库区内(三峡水库回水影响范围和移民安置及专业设施复建区域内)2 480 处,库区外 5 821 处。尤其每年汛期(5~9 月),因降雨诱发的地质灾害造成了巨大的人员伤亡和财产损失。因此,建立汛期地质灾害气象预报预警平台,及时发布各预报区域地质灾害预报等级,为政府对以气象(降雨)为主要诱发因素的地质灾害进行动态预测管理,最大限度地避免或减少地质灾害发生造成的人员伤亡和财产损失,就显得十分必要和紧迫。

2 预报平台理论基础

2.1 单元网格危险性概率值

在重庆市 1∶50 万地形地质图上将研究区划分为 1 275 个地质灾害预报预警单元网格;网格标准 2 cm×2 cm。大量统计研究表明,重庆市地质灾害发生受地形相对高差、地形坡度、岩性、地质构造、斜坡结构五大因素控制,它们构成研究区地质灾害发生的主要因子。各种不同条件下地质灾害发育频度是其致灾内因的反映,因此对每个单元网格相对高差值(H)、地形坡度值(A)、岩土体类型特征值(B)、地质构造特征值(C)、斜坡结构类型特征值(D)等致灾地质环境因素信息进行取值。根据各致灾因素量化结果,建立致灾因素与灾害发育频度的概率模型,致灾因素概率模型用(1)式表示:

$$Y=a(H,A,B,C,D)\times P(H,A,B,C,D)$$
$$=aH\times PH+aA\times PA+aB\times PB+aC\times PC+aD\times PD \quad (1)$$

式中:Y——地质灾害发生概率;P——地质灾害发育频度;PH,PA,PB,PC,PD——五大致灾因素影响下的地质灾害发育频度;$a(H,A,B,C,D)$——各因素概率系数。以上数量化及计算实际包括各因素危险性概率计算,因此再以地质灾害发育度 M 为权重,从而得到单元网格危险性概率公式[1]:

$$W=M\times Y \quad (2)$$

式中:W——单元网格危险性概率值;M——单元地质灾害发育度,为单元内已发生地质灾害处数,即面密度;Y——地质灾害发生概率。

2.2 汛期地质灾害预报模型

预报模型综合考虑了降雨量与 5 种致灾地质因素,根据重庆市以往的降雨量资料及与之相对应的由降雨诱发的地质灾害点为样本进行统计分析,将临界降雨强度划分为 5 个等级,得到不同等级降水量诱发地质灾害的概率值表(表 1)。

* **收稿日期**:2006-03-21
作者简介:江凯(1981—),男,在读硕士研究生,主要研究方向:地质灾害防治与地质环境保护、工程地质。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 1 不同等级降水量诱发地质灾害的概率值表

降雨等级	降雨量/(mm·d^{-1})	概率取值
小 雨	<10	0.1
中 雨	10~25	0.1~0.2
大 雨	25~50	0.2~0.3
暴 雨	50~100	0.3~0.4
大暴雨	>100	0.4~0.8

以地质灾害危险性概率为基础，将一次降水量所诱发地质灾害的发生概率与之合成得到某一降雨范围内地质灾害发生的概率，即预报概率模型公式：

$$T=W+\beta\times Y_1 \quad (3)$$

式中：T——预报概率值；W——地质灾害危险性概率；Y_1——降雨因素的发生概率；β——降雨诱发地质灾害的权重系数。根据气象预报确定的降雨范围、降水强度和地质灾害危险性概率，可计算出该范围内地质灾害预报概率值，单元网格的预报概率值对应的地质灾害气象预报等级关系及发布标准见表 2。当预警经验积累到一定程度后，还可根据经验调整预报概率值所对应的预报等级。

表 2 预报概率值 T 与预报等级的关系

预报概率值 T	<0.3	0.3~0.45	0.45~0.614	0.614~0.8	>0.8
预报等级	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	Ⅴ级
发布标准			注意级	预警级	报警级

2.3 评价数据及预报结果

预报平台根据重庆市气象局每日提供的 1 275 个预报单元未来 24 h 及未来 72 h 预报降雨量数据，计算出各单元的地质灾害预报概率值，采用克里金(Kriging)插值法进行插值并绘制出重庆市地质灾害气象预报等级图。以此为基础即可迅速确定重庆市各区县的预报地质灾害危险性等级。

3 预报平台系统设计

3.1 数据库设计

数据库是平台开发的基础，也是平台设计的关键和重点，重庆地质灾害气象预报平台数据库包含了预报概率值表、单因素关联系数表、单元综合危险性概率表、地形坡度危险性概率表、地质构造危险性概率表、相对高程危险性概率表、斜坡结构类型危险性概率表、岩土体危险性概率表、样本信息数据表共 9 个数据表，表 3 为预报概率值表的结构。

表 3 预报概率值表结构

字段名	类型	宽度	小数位
单元 ID 号	整型	4	
单元横坐标(X)	浮点型	8	2
单元纵坐标(Y)	浮点型	8	2
行政区	字符型	16	
降雨诱发权重	浮点型	12	3
预报概率值(T)	浮点型	12	3
地质灾害预报等级	字符型	12	

数据表表间关系的概念模型可以用实体－联系方法(Entity－Relationship Approach，简称 E－R 图法)来表示。构成预报平台的所有数据表采用了图 1 所示的概念模型来表示它们之间的关系。

3.2 模块设计

重庆地质灾害气象预报平台使用 Visual Basic 及 Visual C 语言开发，采用模块化程序设计(Mode Design)。将总体功能分解成若干模块，每个模块完成一部分功能，模块与模块之间即独立又相互配合，共同实现整个系统的功能。主要模块有模型计算模块、致灾单因素显示模块、危险性分区模块、图形图像处理模块、系统维护模块等。图 2 为软件平台主要模块关系图。

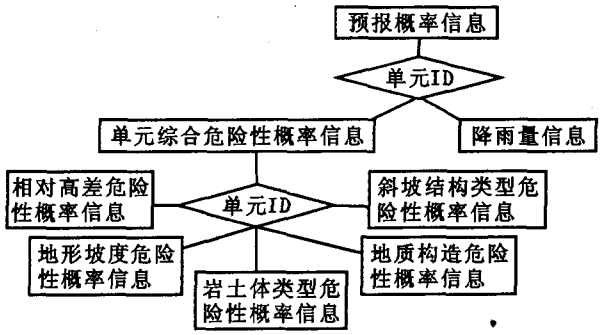


图 1 数据表之间的 E－R 概念模型

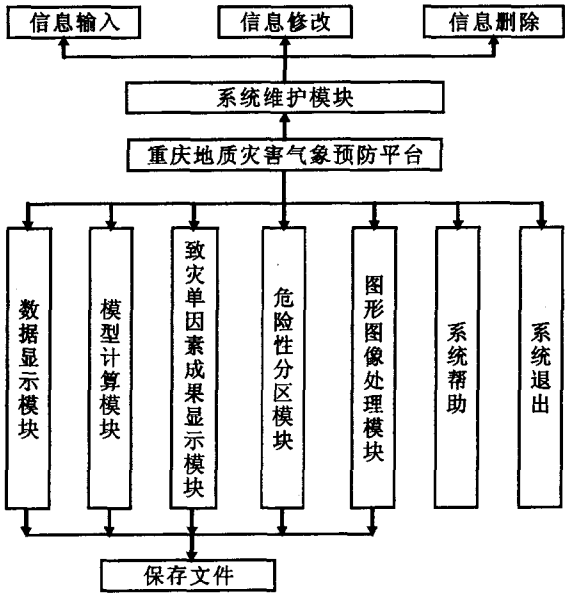


图 2 重庆地质灾害气象预报平台主要模块关系图

3.2.1 模型计算模块

模型计算模块在单元地质灾害危险性概率的基础上读入降雨量数据，按地质灾害预报模型计算出 1 275 个单元的地质灾害预报概率值，根据汛期预报准则得出各单元的地质灾害预报等级。

3.2.2 致灾单因素成果显示模块

致灾单因素成果显示模块根据各单元网格的单因素危险性概率值，生成重庆市 1∶50 万相对高差、地形坡度、岩土体类型、构造类型、斜坡结构类型 5 种单因素危险性概率分布图。图 3 为构造类型危险性概率分布图。

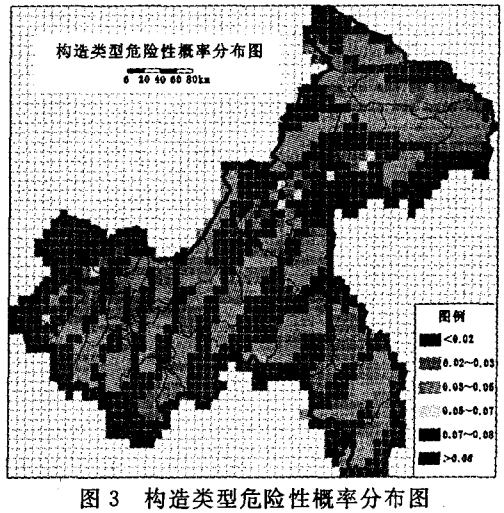


图 3 构造类型危险性概率分布图

维普资讯 http://www.cqvip.com

3.2.3　危险性分区模块

地质灾害危险性分区模块包含加载图层、造区、分区、显示、修改、查询、保存等功能(图 4),每个单元格的预报概率值 T 采用克里金(Kriging)插值法进行插值并绘制出地质灾害气象预报等级图。图 5 为预报平台根据当日降雨量绘制的 2005 年 6 月 6 日的重庆市地质灾害气象预报等级图。

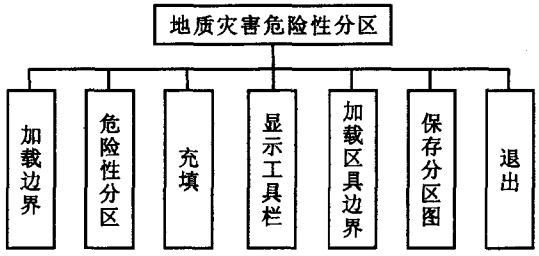


图 4　危险性分区模块功能图

4　预报效果验证

表 4 列出 2005 年 5 月 6 日,6 月 6、10 日重庆市 12 个区县 3 d 的地质灾害危险性等级预报值与重庆市地质环境监测总站提供的实际值 * 。在 32 组对比数据中,26 组预报值与实际值相符,占 81.25%;2 组预报值偏大一级,占 6.25%;4 组预报值偏小一级,占 12.5%(图 6),无两级及以上的误差,统计分析证明平台预报效果较好。

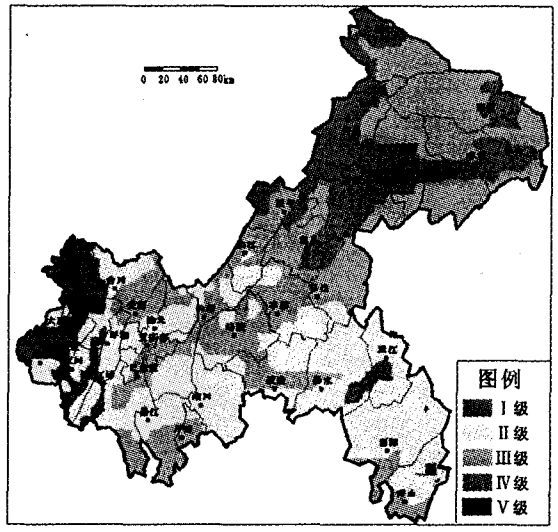


图 5　2005 年 6 月 6 日重庆市地质灾害气象预报等级图

表 4　重庆市 12 区县的地质灾害危险性等级预报值与实际值相关性表

城市名	时间	地质灾害危险性等级		时间	地质灾害危险性等级		时间	地质灾害危险性等级	
	2005-05-06			2005-05-06			2005-05-06		
	降雨等级	实际值	预报值	降雨等级	实际值	预报值	降雨等级	实际值	预报值
城　口	小雨	Ⅲ级	Ⅲ级	大雨	Ⅲ级	Ⅳ级	大雨	Ⅳ级	Ⅳ级
开　县	无降雨			暴雨	Ⅳ级	Ⅳ级	暴雨	Ⅳ级	Ⅳ级
巫　溪	小雨	Ⅲ级	Ⅲ级	大雨	Ⅲ级	Ⅲ级	大雨	Ⅲ级	Ⅲ级
巫　山	小雨	Ⅳ级	Ⅳ级	大雨	Ⅳ级	Ⅳ级	大雨	Ⅲ级	Ⅳ级
万　州	小雨	Ⅳ级	Ⅲ级	大雨	Ⅳ级	Ⅳ级	大雨	Ⅲ级	Ⅲ级
忠　县	小雨	Ⅲ级	Ⅲ级	大雨	Ⅲ级	Ⅲ级	暴雨	Ⅳ级	Ⅳ级
石　柱	小雨	Ⅲ级	Ⅲ级	中雨	Ⅲ级	Ⅲ级	大雨	Ⅳ级	Ⅲ级
潼　南	小雨	Ⅲ级	Ⅱ级	小雨	Ⅲ级	Ⅱ级	小雨	无资料	
长　寿	小雨	Ⅲ级	Ⅲ级	中雨	Ⅲ级	Ⅲ级	中雨	Ⅲ级	Ⅲ级
丰　都	小雨	Ⅲ级	Ⅲ级	小雨	Ⅲ级	Ⅲ级	大雨	Ⅲ级	Ⅲ级
重庆市	小雨	Ⅲ级	Ⅲ级	小雨	Ⅲ级	Ⅲ级	小雨	无资料	
巴　南	中雨	Ⅲ级	Ⅲ级	小雨	Ⅲ级	Ⅲ级	小雨	无资料	

注:实际值指各区县群防群测体系监测发布的地质灾害危险性等级

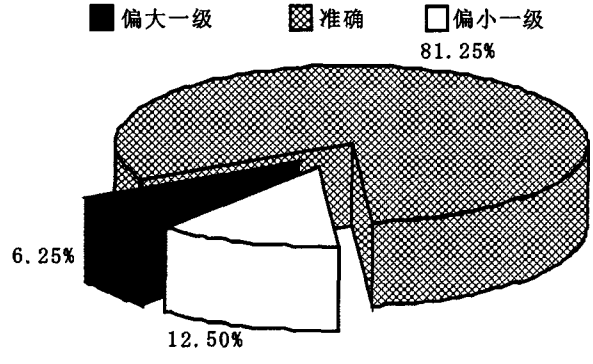


图 6　预报结果准确性统计饼状图

5　结　论

本文使用 Visual Basic 及 Visual C 语言开发了重庆市地质灾害气象预报预警平台,平台以重庆市诱发地质灾害的地质环境条件基本参数数据库为基础,建立了汛期地质灾害预报模型。软件平台根据市气象局每日提供的未来 24 h 及 72 h 预报降雨量数据,将气象因素与地质环境背景条件叠加评价,计算出各预报区域的地质灾害预报等级,自动绘制生成重庆市地质灾害气象预报等级图。2005 年汛期实际应用证明本平台具有操作简便,预报结果较为准确的特点。为相关部门发布地质灾害预警预报提供了方便。提高了区域性地质灾害的预报预警水平,具有较高的实用价值和推广价值。

参考文献:

[1]　宋光齐,李云贵. 地质灾害气象预报预警方法探讨[J]. 水文地质工程地质, 2004, (2): 33－36.
[2]　董蕙青,谭凌志. 广西汛期地质灾害预报预警技术[J]. 广西气象, 2004, 25(4): 22－24.
[3]　肖伟,黄丹. 地质灾害气象预报预警方法研究[J]. 地质与资源, 2005, 14(4): 276.
[4]　王晓明,刘海峰. 吉林省东南部山区地质灾害与降水关系分析及气象等级预报[J]. 吉林气象, 2005, (1): 2－4.