

基于 WebGIS 的兰州市地质灾害群测群防信息化

方 苗^{1,2}, 祁 元¹, 张金龙¹

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:群测群防技术是我国地质灾害防治的主要方法。针对目前地质灾害群测群防体系的低效问题, 提出利用网络技术、通信技术和 WebGIS 技术建立基于 WebGIS 的兰州市地质灾害群测群防信息化系统。群测群防信息化系统是对地质灾害进行科学预测预警、减少灾害影响的一种重要平台。本系统由数据上传、灾情分析预测、信息发布和灾情浏览等功能组成, 采用应用层、业务层和数据层三层分布式体系为系统框架, 系统模型库中包括地质灾害空间预报模型和地质灾害时间预报模型, 采用关系型数据库 SQL Server2005 为后台数据库, 通过 .NET 开发平台完成系统的开发。系统运行结果表明, 该系统运行稳定, 能有效地为地质灾害群测群防体系中的各级用户服务并提供技术支持, 具有广泛的应用前景。

关 键 词: WebGIS; 地质灾害; 群测群防; 信息化

中图分类号: P 208.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2011)02-0137-10

1 引 言

近年来, 全球频发的自然灾害给人类社会造成了巨大的生命和财产损失, 自然灾害成为各国面临的共同挑战^[1]。中国约占国土面积 69% 的区域地质构造复杂, 使中国成为世界上地质灾害最严重的国家之一。仅 2010 年 1 月~7 月, 全国共发生地质灾害 26 009 起, 其中滑坡 19 101 起、崩塌 4 756 起、泥石流 911 起、地面塌陷 332 起、地裂缝 161 起、地面沉降 36 起^[2]。因此, 科学有效的防治地质灾害, 是我国各级政府面临的一个重大课题。

在我国, 研究人员对地质灾害的预测预报做过多方面的研究, 代表性的技术与方法有: ① 遥感技术。遥感技术可以贯穿于地质灾害调查、监测、预警、评估的全过程, 但全面推广尚存在一定的困难和技术缺陷^[3]。② 内插仪器实时监测灾害体技术^[4-5]。在灾害体内选择代表性的点, 安装专业仪器, 实时获取灾害体的位移、应力和地温等物理量。这种方法主要针对单个灾害点的预测预报, 其预测预报的结果准确度相对较高。③ 以“3S”技术为主体的地质灾害信息立体防治系统。闻生^[6]提出以

“3S”技术为手段, 从系统工程观点出发, 把勘测评估、预测监测以及病害整治三者结合成一体的地质灾害信息立体防治系统。⑤ 群测群防技术。张小林等^[7]应用群测群防技术对长江上游滑坡泥石流灾害进行预测预报及防治; 徐开祥等^[8]把群测群防技术应用到三峡水库区地质灾害的监测预警工作中。利用群测群防技术能迅速发现险情并及时上报, 对崩塌、滑坡等短临预报来说, 易于掌握而且能及时预警自救。目前, 由于群测群防体系在防灾中的可操作性 and 有效性, 群测群防技术成为了各地重要的地质灾害预测预报方法之一, 并且 2004 年在四川达州、2005 年在湖南省新邵县和 2009 年在甘肃省兰州市九州区都发挥了关键的灾害预警作用。

现代通信技术、网络技术和 3S 技术的快速发展, 为灾害预测预报提供了信息化的技术与方法, 这些技术与方法在灾害监测、灾害数据获取、灾害数据传输、灾害数据分析以及灾情发布方面有重要作用。在国外, 美国的 Alexander^[9]教授于 1991 年提出把信息技术用在地震、火山爆发、海啸、洪水和泥石流等自然灾害中, 发挥着灾害预报、监测、管理的作用。Yoshiaki 等^[10]做了基于 WebGIS 的洪涝灾害发生

收稿日期: 2011-01-27; 修订日期: 2011-03-04

基金项目: 中国科学院“西部之光”人才计划资助项目“兰州市地质灾害脆弱性及其防治的信息化研究”(Y028A11001)。

作者简介: 方苗(1984—), 男, 陕西安康人, 硕士研究生, 主要从事 GIS 应用开发与地质灾害防治研究。E-mail: fangmiaoniaomiaiao@126.com。

通讯作者: 祁元(1974—), 男, 青海西宁人, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事遥感与 GIS 研究工作。E-mail: qi yuan@lzb.ac.cn。

与分布信息系统,通过系统能及时在 Internet 上发布洪涝分布、发展趋势、难民避难点等重要信息;德国的 Zipf 等^[11]针对传统 GIS 系统在洪涝灾害预测预防中的弊端,提出了移动网络 GIS(Mobile Internet GIS),阐述了移动网络 GIS 在洪水预测预警中的应用前景;意大利的 Martinelli 等^[12]利用 WebGIS 技术建立地震灾害信息系统,实现了地震灾害信息发布、公众浏览地震灾害信息、地震灾害敏感性和危险性评价、地震灾害分析等功能。在中国,通信技术、网络技术和 GIS 技术同样被应用到了地震灾害、地质灾害、生物灾害、气象灾害等众多领域的灾害预测预报。张像源^[13]采用最新 .NET 技术并通过 Internet 建立了滑坡灾害网上实时发布系统;刘洪江等^[14]依托信息技术和通讯技术进行了城市泥石流数字减灾 WebGIS 系统的研究与设计,实现了泥石流数字防灾减灾功能;周平根^[15]应用数据库技术、GIS 技术和网络技术,融合地质灾害预警预报业务功能,建立地质灾害预警预报信息系统。

地质灾害群测群防技术是一种具有中国特色的地质灾害防治方法,有关地质灾害群测群防信息化的工作,国内的部分学者做过初步的研究。孙仁先等^[16]拟构建以 WebGIS 技术为手段的省级地质灾害防灾减灾网络平台,认为群测群防体系是地质灾害防灾减灾工作中的一个辅助体系,把群测群防信息化的工作纳入到网络平台的建设当中。网络平台需实现数据采集、数据存储、分级管理、专业综合分析和信息传输与发布等功能。王小平等^[17]探讨基于 WebGIS 技术开展省级地质灾害防治管理信息化建设方案,群测群防体系的信息化工作作为整体建设方案的一部分,并对信息化的基本框架、网络体系框架、软件体系框架、功能体系框架进行了详细设计。金紫薇等^[18]针对地震地下水观测及市县群测群防工作的繁琐、低效,建立了采用数据库技术、编程技术的地震地下水观测群测群防信息系统,系统的建设提高了安徽省地震地下水群测群防工作的效率。刘新亮^[19]通过分析地质灾害群测群防网络建设,提出在群测群防体系中,灾害体现场监测数据要以数字化形式保存在信息系统中,以网络化快速传递,同时监测数据最好以曲线、图表等形式体现。

本文探讨以群测群防为核心的地质灾害预测预警方法,辅以地质灾害敏感性评价模型和地质灾害预测预报模型,通过 WebGIS 技术、网络技术、现代通信技术和数据库技术建立一个基于 WebGIS 的

兰州市地质灾害群测群防信息系统,系统具备地质灾害资料管理、灾情预测预报和灾情发布等功能,能为兰州市各县级政府和群众高效、科学、及时地开展地质灾害防治工作提供技术支持,为辖区内的经济建设和社会发展做贡献。

2 兰州市地质灾害概况

兰州市地处青藏高原与黄土高原交汇部位的黄河谷地,是一个典型的山区河谷盆地城市,市区位于著名的天水—兰州地震带上^[20]。黄河从西向东贯穿整个市区,市区南北两边高山环绕,地形由黄土丘陵区、黄土梁区、基岩山地区和黄河河谷区四大地貌单元组成。本地区经历了多个时期的造山运动,地质构造十分复杂。构成兰州市南北两山主体的是上覆第四系黄土的新生界红色碎屑岩类,地质分类属于松散岩土,其结构非常疏松,加之高差大,形成的垂直截立面比较多。

气候上,兰州地区属于温带半干旱气候,年平均气温 9.3℃,年均降水量 327 mm,但是降水集中、多以暴雨形式出现^[21]。由此造成两岸山区土质疏松,沟壑纵横,地表裸露,植被稀少。兰州市是西北地区重要的工业城市,近年来人类工程活动对区内地质环境的影响日益强烈,使得境内泥石流、崩塌、滑坡、地面塌陷等地质灾害频繁发生。兰州市国土局、甘肃省地质环境监测院统计数据表明^[22],建国以来,兰州市因地质灾害已造成 656 人死亡,累积直接经济损失达 7.56 亿元。城关区、西固区伤亡人数最大,分别占全市的 44.4% 和 41.2%;红古区造成的经济损失最大,主要由于矿区地面塌陷的灾害损失巨大。全市共发生地质灾害 237 起,其中灾情特大型的 8 起,大型的 15 起,中型的 49 起,小型的 161 起,见表 1(数据截止 2007 年)。

近年来,兰州市完成了市、县级地质灾害调查与区划,通过编制地质灾害防治规划、执行地质灾害防治制度、完善地质灾害应急救援体系、建设群测群防网络等措施,最大限度地减轻地质灾害给人民群众造成的损失^[23]。但是,目前由于受各种条件的限制,兰州市地质灾害防治工作还存在许多问题,包括专业人员不足、设备落后、无交通工具、无监测仪器、监测预报水平较低等问题。群测群防不能顺利进行,预测预报更是无法有效开展。因此,兰州市必须加强地质灾害群测群防信息化建设,改善传统低效的预测预报方法,提高地质灾害预测预报的效率,减轻地质灾害给兰州市人民和经济造成的损失。

表 1 兰州市地质灾害经济损失现状评估表^[22]

Table 1 Assessing table of current situation of Lanzhou city geological disaster

县区名称	灾情等级				人员死亡/人	直接经济损失/万元
	特大型	大型	中型	小型		
城关区	4	0	15	28	290	11 241
七里河区	1	5	14	31	59	15 770
西固区	0	1	8	7	269	13 565
安宁区	2	8	8	16	0	1 820
红古区	1	1	4	35	12	30 417
皋兰县	0	0	2	16	6	538
榆中县	0	0	2	6	10	540
永登县	0	0	0	22	10	1 686
合计	8	15	53	161	656	75 577

3 地质灾害群测群防信息化框架

3.1 群测群防理论

地质灾害群测群防体系,是近年来我国广大地质灾害防治工作者在实际工作中摸索、总结出来的一套具有中国特色的地质灾害防治手段、措施和方法,是我国地质灾害防治体系的重要组成部分^[24]。地质灾害群测群防是县、乡、村三级政府和辖区内的群众共同参与地质灾害点的监测和预防,及时捕捉地质灾害前兆、灾体变形、活动信息,迅速发现险情,及时预警自救,减少人员伤亡和经济损失的一种防灾减灾手段。

尽管群测群防体系已经成功预防了多起地质灾害,但是目前的群测群防体系仍存在明显的缺陷,主要表现为:① 地质灾害资料缺乏信息化管理系统,灾害资料数据主要还是以纸质文件(图件)形式存在,灾害信息传递方式落后,大多仍采用文件交换和传真方式。气象、地质、测绘、水利、林业、农业、交通等灾防相关部门所提供的数据未采用信息化的数据库管理方式;② 灾情上报和灾情发布体制缺少规范;③ 灾情发布不具备可视化效果且滞后性严重。以上的缺陷导致了目前地质灾害群测群防体系在灾害预测预报中效率比较低。针对目前群测群防体系的缺陷,研究把现代通信技术、计算机技术、网络技术和 GIS 技术运用到群测群防体系中,建立信息化的群测群防体系,使得发现险情、更新数据、下达命令、发布信息和模拟预测能更高效的展开,克服传统地质灾害群测群防体系在灾害预测预报中的不足。

3.2 群测群防信息化

在深入分析地质灾害群测群防体系的基础上,在系统中引入地质灾害敏感性评价模型和地质灾害预测预报模型,通过采用网络技术、计算机技术、现代通信技术、GIS 技术和数据库技术实现了地质灾害预测

预报的信息化,系统实现了灾害资料管理、传输、评价和发布等功能。地质灾害群测群防信息化框架,采用网络技术、现代通信技术取代传统的以人工传递和传真传递为主的灾害资料上报与发布方式;以互联网网页取代文件、图纸作为灾害信息展示的载体;以数据库技术采集、存储、管理、检索、处理灾害资料数据,取代原来的纸质存储、人工管理、人工检索方式;以 GIS 空间分析工具和灾害评价模型对灾害敏感性和危险性进行科学评价,取代传统经验评价方式;以计算机制图取代传统的人工手工绘图;以分布式网络为平台,实现各灾防部门信息的共享。地质灾害群测群防信息化框架如图 1 所示。

在地质灾害群测群防信息化体系中,各级组织具有各自明确的分工与职责:

县级人民政府:责本辖区内群测群防体系的统一领导,协调县级灾防部门数据共享与管理,有重大灾情发生时,以政府的名义向社会发布灾情信息,同时统筹管理全县防灾减灾工作。

县群测群防小组:负责群测群防体系的日常工作,包括:县群测群防灾害资料数据库的维护与管理;在灾情资料数据库数据发生更新时,对数据进行处理,及时准确地预测地质灾害;灾害评价结果上报与下发;编制本辖区内地质灾害防治预案;对本辖区内地质灾害防治提供专业的技术支持。

乡群测群防小组:乡群测群防小组是县群测群防小组对村群测群防小组管理的桥梁。负责监督、管理、指导村群测群防小组日常工作,并在灾害发生前的一段时间,派专业人员到灾害隐患区的村社现场监督、指导防灾减灾工作。

村群测群防小组:负责灾害点的现场监测与巡查,定期向上级部门上传最新监测数据。在灾害发生前的一段时间,负责本村社村民的转移与避险。

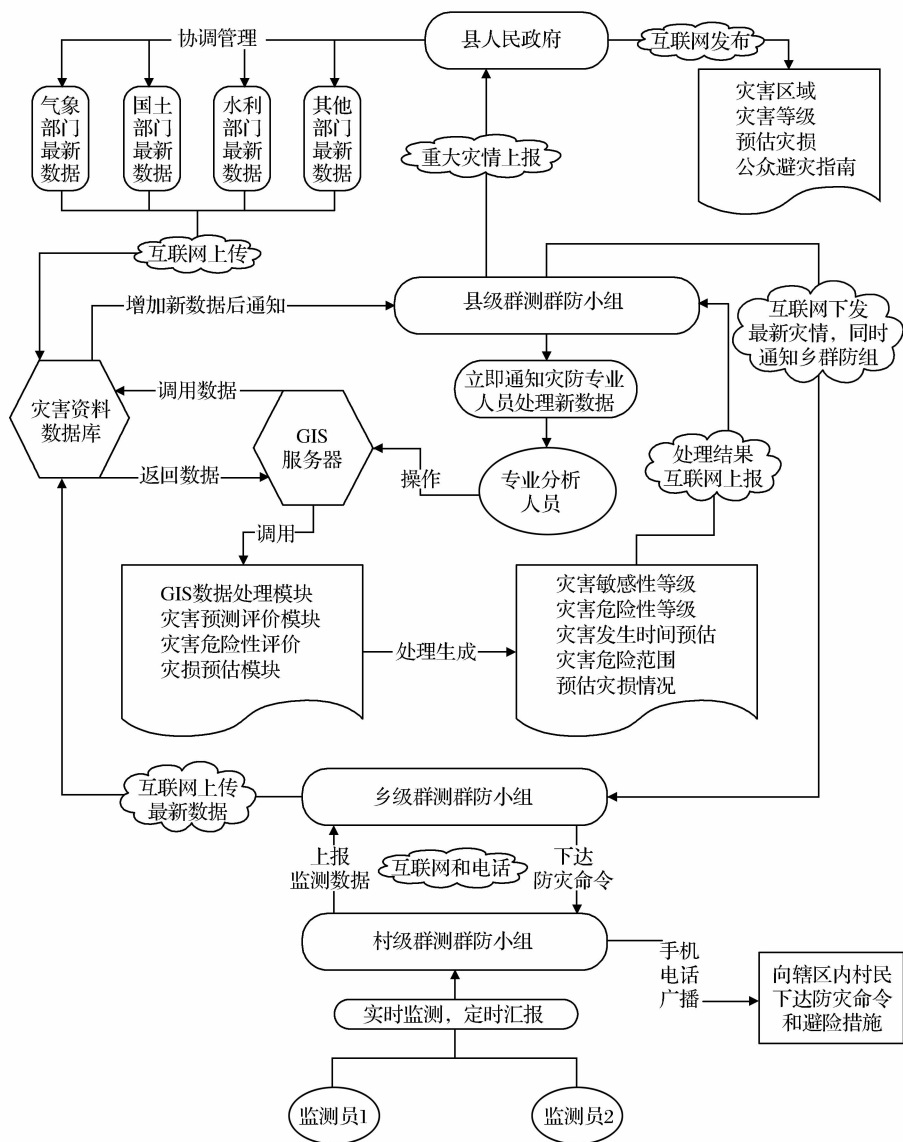


图 1 地质灾害群测群防信息化框架

Fig. 1 Framework of geological disaster mass observation and mass prevention informationization

信息化的群测群防系统运转过程分为以下几步：

(1) 数据收集与更新。县级地质灾害群测群防相关部门，如：国土、测绘、林业、水利、交通、建设等部门，通过互联网上传各自的土地利用数据、基础地理数据、植被覆盖数据、河流水系数据、道路交通数据和工程建设数据到县群测群防灾害资料数据库，这一部分数据更新周期较长。而气象部门需要定期更新县群测群防灾害资料数据库中的气象数据，因为地质灾害对气象数据尤其是降雨量数据非常敏感；村级观测站实时上传最新灾害体现场观测数据，上传的数据其主要内容包括：灾害体位移形变数据、灾害体形变趋势、灾害体现场照片等，特别是灾害体附近的人类工程活动等信息到乡群测群防组，乡群测群防组对数据进行检验，然后直接上传监

测数据到县群测群防灾害资料数据库。

(2) 灾害预测预报。县群测群防小组在接收到最新的气象数据、现场监测数据以后，立即通知灾防专业人员，灾防专业人员启动部署在县级群测群防小组 GIS 服务器上的地质灾害处理分析软件，调用地质灾害预测预报模型和 GIS 空间分析功能处理最新数据。通过预测预报模型的处理得到地质灾害预测预报的结果，结果包括对地质灾害发生时间的预测、地质灾害危险性评价等。同时，把预测预报的结果上报到县群测群防小组和下发到乡群测群防小组。

(3) 灾害信息发布。在预测灾害体发生剧变前的某个时间，通过信息技术和网络技术快速、准确地发布实时灾情信息和指挥各级责任人开展地质灾害预测预防工作，减少灾害对人民生命和财产造成的

损失。县群测群防小组通知乡群测群防小组灾情信息并下达防灾任务。乡级群测群防小组对村级群测群防小组直接监督管理,村级群测群防小组负责监测员的管理,并在重大灾情时通过手机、电话和广播等向村民发出防灾通知。

4 地质灾害资料数据库设计

地质灾害资料数据库主要是为地质灾害的预测预报工作提供空间信息和属性信息,工作重点是对数据进行采集、存储、处理、查询、统计与管理工作。地质灾害资料数据库的内容主要包括:① 基础地理信息数据:主要包括行政区划图、居民点分布图、地形图、水系分布图、道路交通图、土地利用图;② 致灾因子数据:包括地质图、地层岩性、坡度图、构造地质图、植被覆盖图、植被类型图、土壤图、多年平均降雨图;

③ 诱发因子的实时数据;④ 专题信息图层:主要包括地质灾害分布图、地质灾害区划图层;⑤ 社会经济数据:人口数据、GDP 数据;⑥ 辅助数据:包括历次地质灾害调查结果、地质灾害历史发生记录、历次灾情评估结果、地质灾害预防措施与文件、地质灾害防治白皮书等资料。地质灾害资料数据库是地质灾害群测群防信息化实现的数据基础,保证了地质灾害相关资料数据的高效、统一、规范化管理。数据库平台通常采用大型商用的 SQL Server2005 数据库软件,空间数据库引擎采用 ESRI 公司的 ArcSDE。

5 地质灾害群测群防信息系统功能设计

根据地质灾害群测群防信息化目标与框架设计,本系统具备以下功能,划分为 5 个模块,图 2 为地质灾害群测群防信息化的功能模块体系图。

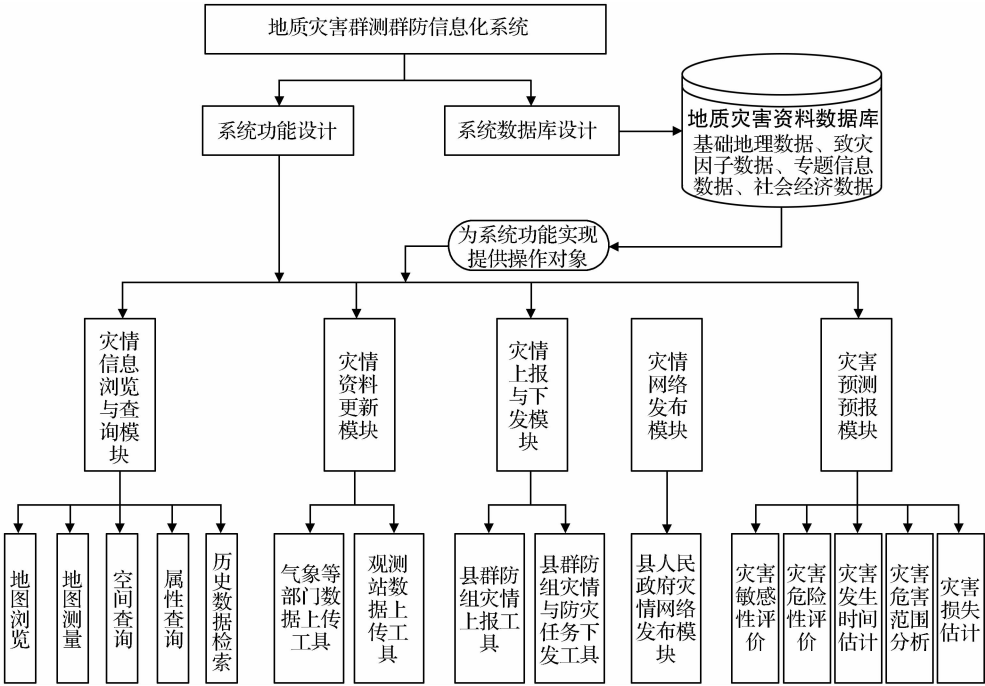


图 2 地质灾害群测群防信息化系统设计

Fig. 2 System design of geological disaster mass observation and mass prevention informationization

(1) 灾害资料更新模块:实现地质灾害群测群防信息系统中灾害数据的收集。WebGIS 系统是基于网络的分布式系统,村级群防组和灾防相关部门分布于网络中的不同结点,同属于系统的应用层。应用层用户首先登陆客户端获取数据上传权限,然后在客户端通过专门开发的数据上传工具上传数据,信息通信媒介为互联网,信息交换格式为 HTML。村级观测站的观测员在客户端页面通过上传工具上传实时监测的灾害体位移形变数据、灾害体

形变趋势和灾害体现场照片;气象、国土、测绘、林业、交通、水利、建设等部门在客户端上传各自最新的气象预报数据、土地利用数据、基础地理数据、森林覆盖数据、交通规划数据、河流水系数据和工程建设数据。

(2) 灾害预测预报模块:实现对区域内灾害敏感性评价、灾害预测预报、危险性评价以及灾损估计等功能。其中,地质灾害预测预报还可以分为中长期预测预报和短临预测预报。

地质灾害敏感性反映区域内地质灾害发生、发展与分布的规律。通常是利用影响地质灾害的因子数据,如:坡度、坡向、高程、植被覆盖度、多年平均降雨量、土壤类型、地层岩性、人类影响、河流切割程度等多年变动不大的数据,选择 Logistic 回归模型对区域内地质灾害敏感性进行评价。根据地质灾害敏感性评价结果,有针对性地在区域内布设地质灾害监测站点。Logistic 回归模型是指应变量为二值分类变量的回归分析。在地质灾害和灾情分析中,各影响地质灾害的因子数据(坡度、坡向、高程、植被覆盖度、多年平均降雨量、土壤类型、地层岩性、人类影响、河流切割程度)可以作为自变量,而灾害的发生与否可以作为分类变量(0 代表灾害不发生,1 代表灾害发生)^[25],由于自变量和应变量会有非连续变量出现,线性回归将不适用于推导此类自变量和应变量之间的关系,Logistic 回归是非线性回归,可以解决此类问题^[26]。日本的 Lulseged 等^[27]用 Logistic 回归模型评价日本中部 Kakuda 和 Yahiko 山区的泥石流灾害敏感性,并制作灾害敏感性图;中国的王卫东等^[28]用 Logistic 回归模型评价贵州省地质灾害敏感性,并对地质灾害敏感性进行区域划分;美国的 Peter 等^[29]等用 Logistic 回归预测位于爱达华州 CWNF(Clearwater National Forest)地区的滑坡灾害敏感性;以上 3 个应用案例都证明了此模型对地质灾害敏感性评价精度相对其他评价模型来说较高。

地质灾害中长期预测预报是对灾害体处于初始变形阶段和稳定变形阶段而进行的未来灾害体整体破坏时间预测和危害评价。主要是根据灾害体多次监测数据,以及多年降雨、地震等外部有规律(周期性)变化因素的相关分析,推测未来外部因素异常时灾害发生的相应时期^[30]。目前中长时间预报主要采用 Grey Model(1,1)模型^[31-32]。地质灾害短临预报是对灾害体处于加速变形阶段而进行的未来灾害体整体破坏时间预测和危害评价。群测群防技术属于地质灾害短临预测预报,其预测预报的数据来源有 3 个方面:① 村级监测员在灾害体现场获取的实时监测数据,包括灾害体状态数据和附近人类活动情况;② 灾害体内的监测仪器获取的监测数据;③ 气象部门上传的实时气象数据(主要是降雨量数据)。对于监测仪器数据,采用比较成熟且精度较高的 Verhaulst 模型、协同预报模型以及多模型预报结果集成的综合预报模型,对地质灾害预测预报;对于降雨量数据,通过比较当前降雨量值和诱发地质灾害的降雨量临界值的关系,对地质灾害进行预测

预报。

(3) 灾情上报与下发模块:实现灾害信息向上级汇报和向下级下发的功能。防灾专业人员把预测结果上报县级群测群防小组和下发到乡群测群防小组,县级群测群防小组根据灾害敏感性级别和危险性级别决定是否向县人民政府汇报,对于地质灾害敏感性为高度敏感和极度敏感、地质灾害危险性较大的地质灾害,县群测群防小组需要通过 Internet 网把重大灾情上报县人民政府,同时需要再次电话通知。县群测群防小组同时立即用电话通知乡群防组。乡群防组实地指挥、监督、督促地质灾害隐患村的村群防组做好防灾工作。

(4) 灾情网络发布模块:实现向社会公众传达灾害评价结果的功能。考虑到地质灾害公布可能引起的公众反应,对于地质灾害敏感性为高度敏感和极度敏感、地质灾害危险性较大的地质灾害,需要县人民政府以政府的权威性、正式性、强制性通过客户端的信息发布工具把重大灾情信息及防灾措施发布到 Internet 网上,以便公众及时、准确地了解最新灾情。

(5) 灾情信息浏览与查询模块:灾情信息浏览与查询模块是系统的基础模块,是向用户展示灾害信息和用户参与信息查询的工具。通过设置不同权限让社会公众、专业用户、领导专家和灾防有关部门根据自己的需要浏览相应的信息,各级用户和社会公众通过 Internet 浏览、查询最新灾害信息。最新灾害信息在 Web 页面上发布,Web 页面承载的内容为栅格地图、数据图表和文本信息。浏览功能模块包括对地图的放大、缩小、漫游、全图、图面长度测量、图面面积测量;查询模块包括空间一属性查询、属性一空间查询和历史数据检索。

6 系统开发技术与实现

WebGIS 是传统工作站式 GIS 的拓展和完善,具有资源共享、互操作、辅助决策、简单易用等传统 GIS 无法比拟的优点。ArcGIS Server 是一个用于构建集中管理、支持多用户的企业级 GIS 应用平台,具有丰富的 GIS 功能,开发者使用 ArcGIS Server 可以构建 Web 应用、Web 服务以及其他运行在标准 .NET 和 J2EE Web 服务器上的企业级应用。基于 WebGIS 的地质灾害群测群防信息化系统使用到的关键技术如下:采用应用层、业务层和数据层 3 层分布式架构方式为系统结构,使用 B/S 模式,选用 Windows 运行环境,以 ArcGIS Server 为 GIS 服务平台,Microsoft IIS 为 Web 服务器,SQL

Server2005 为后台数据库平台,ArcSDE 为空间数据库引擎,Visual Studio2008 . Net 为开发环境,面向对象语言 C# 为服务器端开发语言,ASP. NET 为页面开发语言,HTML(超文本标记语言)为各层

之间的通信语言,综合以上技术进行系统设计开发。

图 3 为地质灾害群测群防信息化系统技术体系。整个系统的结构分为 3 个层次,分别为应用层、业务层和数据层。

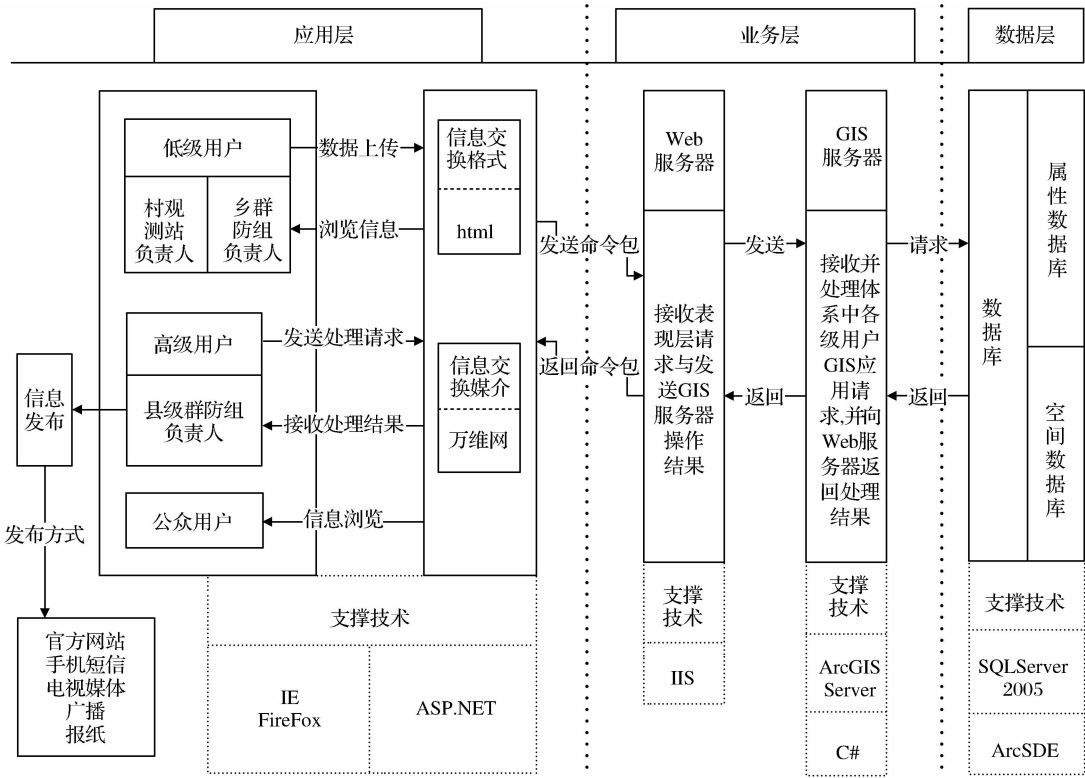


图 3 群测群防信息化系统技术体系

Fig. 3 Technologies of geological disaster mass observation and mass prevention informationization

(1) 应用层是系统的客户端,客户端页面用 ASP.NET 开发,用 IE 或者 Firefox 浏览器解析客户端页面。应用层是系统中各级用户与 GIS 服务器进行交互的窗口,双方交互的内容用超文本标记语言(HTML)格式定义,交互的媒介是 Internet。通过这个窗口用户可以把操作发送到业务层的 GIS 服务器,同时,从 GIS 服务器返回的操作结果也显示在这个窗口里,供用户浏览查询。

(2) 业务层通过 .NET 平台进行开发。业务层包括两个核心的服务器,一个是 Web 服务器,另外一个 GIS 服务器。Web 服务器采用 IIS(Internet Information Services),其功能为接受应用层发送的操作命令和发送 GIS 服务器处理的结果。GIS 服务器采用 ArcGIS Server,其功能是根据应用层发来的操作命令,调用 GIS 分析功能和灾害预测模块,对 GIS 数据进行处理和分析,满足各级用户的操作需求。

(3) 数据层即系统的灾害资料数据库,库体采用 SQL Server2005 软件。其主要功能是存储系统

的空间数据和属性数据。GIS 服务器在进行空间分析和操作的过程中,需要各种数据的支持。GIS 服务器请求调用数据库中的数据,数据的调用通过 ArcSDE(空间数据库引擎)进行管理,若 GIS 服务器具有调用数据库中数据的权限,ArcSDE 就返回相应的数据,协助 GIS 服务器完成分析和操作。

本系统的设计与实现注重灾情数据的规范性与实时性、灾害评价模型的准确性和针对性、评价结果的科学性和可靠性和系统的易操作性和兼容性。为地质灾害群测群防过程中各个层次的用户提供科学、便捷的平台。图 4 为地质灾害群测群防信息化系统运行主界面。

7 结 语

本文研究了地质灾害群测群防信息化的意义、目标和方法,提出了以群测群防理论为指导、基于 WebGIS 技术的地质灾害群测群防信息化系统的设计与实现,分析了系统中地质灾害监测数据上传、防

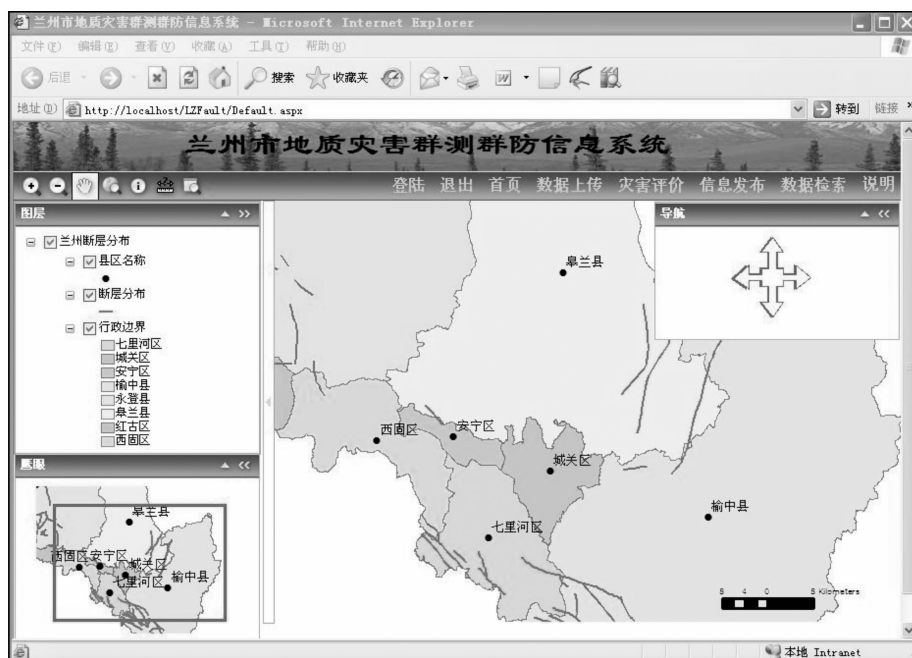


图4 地质灾害群测群防信息化系统主界面

Fig. 4 Form of geological disaster mass observation and mass prevention informationization system

灾相关部门最新数据的上传、地质灾害敏感性的评价、地质灾害危险性的评价以及地质灾害评价结果发布等功能的实现技术,对于信息系统所涉及的 Web-GIS 技术、ArcGIS Server 开发平台和 .NET 技术做了介绍。最后,根据技术分析和代码编写建立了基于 WebGIS 的地质灾害群测群防信息化平台。信息化的地质灾害群测群防系统实现了地质灾害预测预防的动态化、实时化、规范化和迅捷化,将传统的灾害预测预防模式改变为动态的、信息化的模式,满足了兰州市地质灾害预测、预警、预防、应急工作的需要,提升了兰州市地质灾害防治水平。通过试运行,系统在地质灾害预测预警中的作用得到了验证。

但是,该系统还需要在以下方面做进一步研究:

(1) 预测模型虽然有了初步的有效性验证,但还需要进一步反复验证其准确性与可靠性。

(2) 系统中灾害体监测数据获取与上传部分可以做进一步改善。比如可以在灾害体内布设专门的监测仪器,监测仪器获取的灾害体位移——时间数据可以通过 GPRS 网络直接实时上传到灾害资料数据库,这样可以提高监测数据的准确性、直接性和及时性,避免监测数据在各级防灾部门中间流转时带入人为误差。

(3) 物联网技术的发展,为大型地质灾害预测预防带来新的研究思路。物联网是把任何物品与互联网相连接,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络概念。“物联网概

念”是在“互联网概念”的基础上,将其用户端延伸和扩展到任何物品与物品之间,进行信息交换和通信的一种网络概念。通过物联网,可以在不便于人工巡查监测的灾害体附近或灾害体内安置监测仪器,如:三维激光扫描仪、高精度照相机、测压计、温度计等。监测人员只需要在物联网的另一终端控制监测仪器,就可以实时获取灾害体位移形变数据、灾害体内温度湿度变化数据和灾害体整体移动趋势图像等数据。3G 网络、自动化监测和地学专业软件处理等技术的发展为地质灾害预测预防提供了新的途径和方法。

参考文献(References):

- [1] PRC State Council Information Office. China's Mitigation Actions [EB/OL]. http://news.xinhuanet.com/newscenter/2009-05/11/content_11351082.htm. [中华人民共和国国务院新闻办公室. 中国的减灾行动[EB/OL]. http://news.xinhuanet.com/newscenter/2009-05/11/content_11351082.htm.]
- [2] The Author of Science and Technology Daily Difficulties of Geological Disaster Prediction[N]. Science and Technology Daily, 2010-08-26(5). [科技日报综合. 地质灾害预报到底难在哪[N]. 科技日报, 2010-08-26(5).]
- [3] Feng Dongxia, Yu Deqing, Long Jiebing. Application Foreground Researching of Remote Sensing Technology about Geologic Disaster[J]. Hunan Geology, 2002, 21(4): 314-318. [冯东霞, 余德清, 龙解冰. 地质灾害遥感调查的应用前景[J]. 湖南地质, 2002, 21(4): 314-318.]
- [4] Han Ziye, Xue Xingqiao. Status and Development Trend of Monitoring Technology for Geological Hazards[J]. The Chi-

- nese Journal of Geological Hazard and Control, 2005, 16(3): 138-141. [韩子夜, 薛星桥. 地质灾害监测技术现状与发展[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16(3): 138-141.]
- [5] Gao Youlong, Zhang Junyi, Xue Xingqiao, *et al.* Real-time Monitoring Technology in the Prevention and Control of Geological Disasters: Take Real-time Monitoring and Early Warning of Geological Hazards Model Station in Wushan County as an Example[C]//2004 Geological Survey and Monitoring Technology in Disaster Seminar, Wushan County, Sichuan Province, China, 2004. [高幼龙, 张俊义, 薛星桥, 等. 实时监测技术在地质灾害防治中的应用——以巫山县地质灾害实时监测预警示范站为例[C]//2004 地质灾害调查与监测技术方法现场研讨会, 四川巫山县, 2004.]
- [6] Wen Sheng. The Domestic and International Actuality of the Forecast and Prediction about Geological Catastrophe[J]. Technological Development of Enterprise, 2006, 25(8): 36-39. [闻生. 地质灾害预测预报的国内外现状[J]. 企业技术开发, 2006, 25(8): 36-39.]
- [7] Zhang Xiaolin, Wu Dingding. Strategy and Effectiveness of Landslide and Debris Flow Mass Observation and Mass Prevention in Upstream of the Yangtze River[J]. Soil and Water Conservation of China, 2003, (12): 14-15. [张小林, 吴丁丁. 长江上游滑坡泥石流群测群防减灾策略与成效[J]. 中国水土保持, 2003, (12): 14-15.]
- [8] Xu Kaixiang, Huang Xuebin, Fu Xiaolin, *et al.* Geological Hazard Monitoring and Prevention System Operated by Mass People in the Three Gorges Reservoir Area[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2007, 18(3): 88-91. [徐开祥, 黄学斌, 付小林, 等. 三峡水库区地质灾害群测群防监测预警系统[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, 18(3): 88-91.]
- [9] Alexander D. Information Technology in Real-time for Monitoring and Managing Natural Disasters[J]. Progress in Physical Geography, 1991, 15(3): 238-260.
- [10] Yoshiaki K, Hironori K, Ryuichi G, *et al.* A Study on the Development and Distribution of WebGIS-based Flood Hazard Map[J]. Journal of Japan Society for Natural Disaster Science, 2005, 23(4): 539-551.
- [11] Zipf A, Leiner R. Mobile Internet GIS based Flood Warning and Information System[J/OL]. <http://koenigstuhl.geog.uni-heidelberg.de/publications/bonn/C-onference/lbs2004.flood.az.rl.pdf>.
- [12] Martinelli F, Meletti C. A WebGIS Application for Rendering Seismic Hazard Data in Italy[J]. Seismological Research Letters, 2008, 79(1): 68-78.
- [13] Zhang Xiangyuan. A Landslide Real-time Monitoring Data Online Issue System Designed and Realized by ASP. NET Technology[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2005, 16(4): 120-123. [张像源. 基于 ASP. NET 的滑坡实时监测数据网上发布系统设计与实现[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16(4): 120-123.]
- [14] Liu Hongjiang, Tang Chuan, Han Yongshun, *et al.* Development and Application of Digital Hazard Mitigation System of Urban Debris Flow based on WebGIS[J]. Journal of Catastrophology, 2006, 21(3): 10-14. [刘洪江, 唐川, 韩用顺, 等. 基于 WebGIS 的城市泥石流流数字减灾系统建设及应用[J]. 灾害学, 2006, 21(3): 10-14.]
- [15] Zhou Pinggen, Mao Jiguo, Hou Shengshan, *et al.* The Design and Construction of Landslide Warning System based on WebGIS[J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14(6): 38-42. [周平根, 毛继国, 侯圣山, 等. 基于 WebGIS 的地质灾害预警预报信息系统的设计与实现[J]. 地学前缘, 2007, 14(6): 38-42.]
- [16] Sun Renxian, Wang Xiaoping. Reflect on Setting up Provincial Network Plat of Prevention and Reduction of Geo-Hazard[J]. Resources Environment & Engineering, 2004, 18(4): 43-47. [孙仁先, 王小平. 湖北省地质灾害防灾减灾网络信息平台建设思考[J]. 资源环境与工程, 2004, 18(4): 43-47.]
- [17] Wang Xiaoping, Sun Renxian, Jiang Hongbin. Discussion on the Construction of Informationalization of Geological Disaster Prevention and Management at Provincial Level[J]. Resources Environment & Engineering, 2006, 20(3): 295-300. [王小平, 孙仁先, 江鸿彬. 省级地质灾害防治管理信息化建设探讨[J]. 资源环境与工程, 2006, 20(3): 295-300.]
- [18] Jin Ziwei, Hu Cheng, Yang Xiusheng, *et al.* Management Information System of Anhui Ground Water Observation & Mass Observation and Mass Preparedness[J]. Journal of Institute of Disaster Prevention Science and Technology, 2007, 9(1): 32-35. [金紫薇, 胡诚, 杨秀生, 等. 安徽省地下水观测及群测群防管理信息系统[J]. 防灾科技学院学报, 2007, 9(1): 32-35.]
- [19] Liu Xingliang. Enhance Construction of Prediction & Warning System of Geological Disaster Mass Observation and Mass Prevention[J]. Resources Environment Inhabitant, 2009, 13: 38-39. [刘新亮. 加强地质灾害群测群防预报预警体系建设[J]. 资源环境与人居, 2009, 13: 38-39.]
- [20] Ma Jinhui, Nian Yanyun, Cai Dihua, *et al.* Factors of Regional Landslide Risk and Correlation Between Landslide and Geology Structure in Lanzhou Area[J]. Journal of Natural Disasters, 2006, 15(3): 14-17. [马辉, 年雁云, 蔡迪花, 等. 兰州地区滑坡风险因素及其与区域构造的关系[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(3): 14-17.]
- [21] Chang Junjie. Formative Causes of Landslide and Debris Flow in Lanzhou City and Preventives[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2003, 10(4): 250-252. [畅俊杰. 兰州市区滑坡泥石流危害、成因及其防治对策[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 250-252.]
- [22] Lanzhou Bureau of Land and Resources, Gansu College of Geological Environment Monitoring. Geological Disaster Prevention Plan in Lanzhou City[M]. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 2009. [兰州市国土资源局, 甘肃省地质环境监测院. 兰州市地质灾害防治规划[M]. 兰州: 甘肃省科学技术出版社, 2009.]
- [23] Ding Zuquan, Li Zhiheng. Geological Disaster and Prevention in Lanzhou City[M]. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 2009. [丁祖全, 黎志恒. 兰州市地质灾害与防治[M]. 兰州: 甘肃省科学技术出版社, 2009.]

- [24] Yun Xiaosu. The Construction Guideline of Geological Disaster Mass Observation and Mass Prevention System[M]. Beijing: China Land Press, 2008. [袁小苏. 地质灾害群测群防体系建设指南[M]. 北京: 大地出版社, 2008.]
- [25] Cong Weiqing, Pan Mao, Li Tiefeng, *et al.* Key Research on Landslide and Debris Flow Hazard Zonation based on GIS[J]. Earth Science Frontiers, 2006, 13(1): 185-190. [从威青, 潘懋, 李铁峰, 等. 基于 GIS 的滑坡、泥石流灾害危险性区划关键技术研究[J]. 地学前缘, 2006, 13(1): 185-190.]
- [26] Wang Jichuan, Guo Zhigang. Method and Application of Logistic Model[M]. Beijing: Higher Education Press, 1977. [王济川, 郭志刚. Logistic 模型——方法与应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 1977.]
- [27] Lulseged Ayalew, Hiromitsu Yamagishi. The Application of GIS-based Logistic Regression for Landslide Susceptibility Mapping in Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan[J]. Geomorphology, 2005, 65(1-2): 15-31.
- [28] Wang Weidong, Zhong Cheng. The Application of GIS-based Logistic Regression for Geological Hazard Zonation [J]. Geotechnical Investigation & Surveying, 2009, (11): 5-10. [王卫东, 钟晟. 基于 GIS 的 Logistic 回归模型在地质灾害危险性区划中的应用[J]. 工程勘察, 2009, (11): 5-10.]
- [29] Peter V, Paul G, Randy B. Spatial Prediction of Landslide Hazard Using Logistic Regression and GIS[C]//4th International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4): Problems, Prospects and Research Needs. Banff, Alberta, Canada, September, 2000.
- [30] Ge Qiao. Research on WebGIS based Landslide Early Warning Information System of the Three Gorges Reservoir Area[D]. Beijing: Tsinghua University, 2008. [葛峤. 基于 WebGIS 的三峡库区滑坡预警信息系统研究[D]. 北京: 清华大学, 2008.]
- [31] Guo Liwen, Li Haitao. Summary on the Methods of Prediction to Landslide[J]. Shanxi Architecture, 2006, 32(16): 65-66. [郭立文, 李海涛. 滑坡灾害预测方法综述[J]. 山西建筑, 2006, 32(16): 65-66.]
- [32] Zheng Xiaoyu. Summary on the Methods of Prediction to Landslide[J]. World Geology, 2000, 19(4): 370-374. [郑孝玉. 滑坡预报研究方法综述[J]. 世界地质, 2000, 19(4): 370-374.]

Research of Lanzhou City Geological Disaster Mass Observation and Mass Prevention Informationization based on WebGIS

FANG Miao^{1,2}, QI Yuan¹, ZHANG Jin-long¹

(1. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Mass observation and mass prevention is the main technology of geological disaster mitigation in china. Utilizing network technology, communication technology and WebGIS technology to establish Lanzhou city geological disaster mass observation and mass prevention informationization system. This system is a significant method of scientific forecasting and early warning of geological disasters and mitigating the hazard of geological disaster. It consists of uploading data module, analyzing disaster information module, publishing disaster information module and browsing disaster information module. Adopting three-tier distributed architecture, namely, application tier, business tier and data tier as the system framework. System model library include the spatial prediction module of geological hazards and time prediction model of geological hazards. The relational database, SQL Server2005, is the backend database. Complete the development of the system by .NET platform. Running results show that the system is stable and can effectively service for all levels of users of the geological disaster mass observation and mass prevention system.

Key words: WebGIS; Geological disaster; Mass observation and mass prevention; Informationization