基于GIS的信息量法及其地质灾害易发性评价应用
—以滇中晋宁县为例

高治群[1]， 薛传东[1]， 尹 飞[1]， 和怀中[2]， 祝传兵[2]
(1. 昆明理工大学地球科学系，昆明 650093；2. 云南省地质调查局地质环境研究院，昆明 650051)

[摘 要]地质灾害易发性评价是地质灾害评价工作的基础，是地质灾害研究的重点。以往地质灾害易发性分区评价大部分依据专家的主观经验，从而导致评价结果具有较大的随意性。本文利用研究区实际调查资料，选取地形地貌、工程地质岩组、地质构造、水文地质条件、人类工程活动等参评因子，利用信息量模型在基于GIS的平台对空间数据进行自动叠加分析，得出各影响因子综合影响下的客观的易发性分区结果，然后结合专家的主观经验，经定性与定量综合分析，对分区结果进行进一步的修正，可实现对地质灾害易发性的科学评价。选取晋宁县作为示例区的应用结果与国土资源大调查中的评价结果基本一致，证实该方法切实可行，并具有广泛的推广应用价值。

[关键词]地质灾害易发性评价 信息量模型 空间分析 GIS 晋宁县
[中图分类号]P694 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2010)06-1112-07

Gao Zhi-qun, Xue Chuang-dong, Yin Fei, He Huai-zhong, Zhu Chuan-bing. GIS-based information acquisition analysis and its application to assessment of areas prone to geological hazards: a case study of Jinning county, Central Yunnan Province[J]. Geology and Exploration, 2010, 46(6): 1112-1118.

0 引言

地质灾害易发性评价是地质灾害评价(曾昭华，1997；李忠，2004；徐志文，2006；臧亚君等，2008)工作的基础，可为地质灾害危险性预测与防治提供重要依据，近年来已成为地质灾害研究的重点。但由于地质灾害本身是一个复杂的系统，其发生的时间、地点、规模和方式具有很大的不确定性，要诠释地质灾害本身的发生、发展规律十分困难。因而，地质灾害易发性的科学评价成为难题。GIS技术的出现，为地质灾害的研究提供了很好的解决方案和独特的研究方法，它不仅可以有效的管理影响地质灾害发生的各种准静态因素，又可以有限的管理各种外部动力因素，是解决地质灾害易发性预测、空间分布等问题的有利工具。近年来，国内外利用GIS技术开展地质灾害研究日益增多(向喜琼等，2000；付小林等2004；石菊松，2005；Chaco'n等，2006；吴树仁等，2007；江鸿彬，2007)，应用水平也日益提高。西班牙学者Chaco'n等(2006)在IAEG Commission NO.1项目的基础上全面综述了近年来利用GIS技术开展滑坡研究的进展；孙炜锋等(2008)认为信息量模型既能正确地反应地质灾害的基本规律，而且在GIS平台上信息量的技术也交易实现，因此是一种比较科学、使用的算法；高克昌等(2006)阐述了GIS和信息量模型在地质灾害评价中的先进性，应用其可实现地质灾害的信息化和科学化；程志刚等(2006)运用GIS系统对凤台县地质灾害进行了评价以及对凤台地质灾害进行了预测，为该地区的减灾避让提供了科学依据；黄志刚等(2008)利用ArcGIS为多种地理现象进行了空间分析和处理，对分析地质灾害各个影像因子对地质灾害触发的临界条件做了详细阐述。

本文利用GIS技术与信息量法结合(高克昌，2006；孙炜锋等，2008)，通过区域稳定性各种影响因

[收稿日期]2010-01-29；[修订日期]2010-08-19；[责任编辑]郝情情。
[基金项目]云南省自然科学基金项目(编号：99D006Q、2003D009Q)资助。
[第一作者简介]高治群(1984年-)，女，硕士研究生，专业：地质工程，研究方向：环境地质。E-mail：617560340@qq.com。
[通讯作者]薛传东(1971年-)，男，2002年毕业于昆明理工大学，获博士学位，教授/博导，主要从事地质流体与成矿动力学的教学与研究工作。E-mail：cdxue001@yahoo.com.cn。

素由实测值转化为反映区域稳定性的各种信息量,即用信息量的大小来评价影响因素,与研究对象关系的密切程度,能将专家的意见与客观数据很好的结合。以滇中晋宁县为例,拟通过对影响地质灾害的各种空间数据的收集、数据库的建立,同时将分区指标量化,并应用GIS平台对数据进行空间叠加分析,以使提高地质灾害易发性分区结果更为可靠合理。

1　信息量法模型及基于GIS的应用分析

信息预测学对信息的基本描述是用概率来表示的。信息量模型用于地质灾害易发性分区的主要思路是通过对已知的变形或破坏区域的现实情况和提供的信息,把反映各种影响区域稳定性因素的实测值转化为反映区域稳定性的信息量值。其方法是通过某些因素对所提供的研究对象信息、量的计算来评价,亦即用信息量的大小来评价影响因素与研究对象关系的密切程度。这种方法能将专家的意见与客观数据很好的结合。

1.1　信息量模型

地质灾害现象(Y)的产生受多种因素($X_i, i=1,2,\cdots,n$)的影响,各种因素所起作用的大小、性质是不相同的。因此,对于区域地质灾害要综合研究其影响因素类别和具体状态的组合,而不是停留在单个因素上。地质灾害的发生与否与预测过程中所获取信息的数量和质量有关,可用信息量来衡量,即:

$$I(Y,x_1,x_2,x_3\cdots x_n)=ln\frac{P(Y,x_1,x_2,x_3\cdots x_n)}{P(Y)} \quad (1)$$

式中,$I(Y,x_1,x_2,x_3\cdots x_n)$-因素组合$x_1,x_2,x_3\cdots x_n$对滑坡、崩塌等地质灾害所提供的信息量;$P(Y,x_1,x_2,x_3\cdots x_n)$-因素$x_1,x_2,x_3\cdots x_n$组合条件下滑坡、崩塌等地质灾害发生的概率。地质灾害的发生受多种因素的影响,信息量模型所考虑的是在一定环境条件下的最佳因素组合。在实际计算时往往用下列样本频率计算:

$$I(x_i,H)=ln\frac{N_i/N}{S_i/S} \quad (2)$$

式中,S-研究区评价单元的总数;N-研究区有地质灾害分布的单元总数;S_i-研究区内含有评价因素x_i的单元数;N_i-分布在因素x_i内特定类别内的地质灾害单元数。

单个评价单元内总的信息量计算公式为:

$$I_i=\sum_{i=1}^{n}I(x_i,H)=\sum_{i=1}^{n}\ln\frac{N_i/N}{S_i/S} \quad (3)$$

式中,I_i-为评价单元总的信息量值;n-为参评因子数。

用信息量总合即$\sum I_i$作为该单元影响地质灾害发生的综合指标。其值越大,地质灾害越易于发生,则该单元格地质灾害发生的危险性亦越高(殷坤龙等,2003)。

1.2　基于GIS的信息量叠加计算

1.2.1　适宜网格大小的选取

在大多数情况下,适宜网格大小的选取(李军等,2003)主要依靠专家的知识和经验,原始地形数据是网格单元选取首要考虑的因素。目前,常用的基于专家经验的计算公式为:

$$G_S=7.49+0.0006S-2.0\times10^{-9}S^2+2.9\times10^{-15}S^3 \quad (4)$$

式中,G_S-适宜网格的大小;S-原始等高线数据精度的分母。

1.2.2　信息采集

地质灾害的发生受众多因子(张宗祜,2005;郭芳芳等,2008)的影响,且各因子所起的作用大小、性质不同。在各种因子组合中,总有一种最佳组合。因此,在采用信息量模型对区域地质灾害进行区划研究时,应综合研究最佳因子组合,而不是停留在单个因子上。

根据研究区的具体情况,一般选取斜坡几何形态、工程地质岩组、松散覆盖层厚度、地质构造、水文地质条件、人类工程活动等作为评价因子指标体系(图1),不同区域具体选取时略有不用。基于GIS空间分析的因子信息采集方法如下:用1/5万地形图提取基础地理信息,用遥感影像提取植被信息,利用降雨量等值线图提取降雨量指标,地质、水文地质及工程地质条件主要从1/20万及1/5万地质图上提取,而人类工程活动信息主要依靠研究区发展规划等提取,同时根据区域实际的地灾调查资料可获得灾点密度。

1.2.3　基于GIS的信息量叠加分析

叠加分析是GIS空间分析的重要组成部分,包括了交叉、合并等多个功能。叠加分析有拓扑叠加

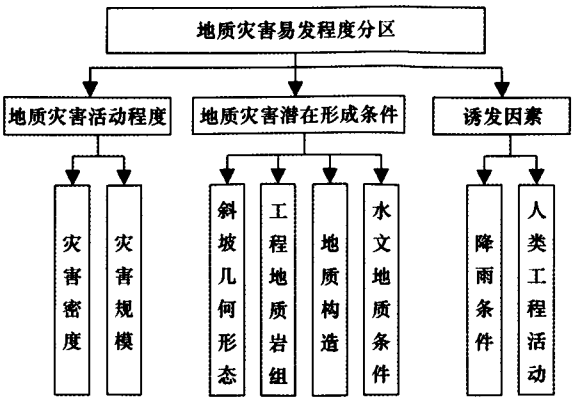

图 1 地质灾害易发性评价指标体系

Fig. 1 Evaluation index system of areas prone to geological hazards

和图形叠加两种。图形叠加主要用于对多个要素层之间的视觉比较,以属性为基础,通过突出颜色或填充,可以比较每个图层的特征,叠加图层的数目没有限制。拓扑叠加则是合并不同图层中的数据,生成新的地理要素及要素之间的拓扑关系。本次所指的叠加分析是拓扑叠加分析。拓扑叠加通过合并两个新的图层文件产生新的信息,一次只能对两个图层进行叠加,但叠加的总图层数不受限制,两个图层被拓扑求交产生新的属性要素,产生的新属性表不仅包括每个新要素的信息,而且包括两个原始图层的所有属性。

将采集到的各个评价因子信息作为一个单独的图层,然后将评价因子图层分别与地质灾害分布图在 GIS 中作空间叠加分析,得到地质灾害点在不同因子分类中的分布密度;根据单个评价单元内总的信息量计算公式即式(3),计算出各因子所得信息量,对各地质灾害易发因子的栅格图层进行重新分类,将各因子图层根据得到的信息量值重新生成信息量图;利用 GIS 栅格计算功能完成地质灾害易发因子的综合信息量计算,生成以信息量大小衡量的地质灾害易发程度指数计算结果,即地质灾害易发性分区图;为消除个别噪音,利用空间分析中的领域分析处理功能进行降噪处理,达到平滑处理的效果。

根据单元信息量计算结果,单元总信息量值越高,反映各影响因素对滑坡灾害发生的影响度越高,发生地质灾害的可能性越大。

2 晋宁县地质灾害易发性评价的应用分析

2.1 研究区概况

晋宁县位于云南省中部滇池流域的南部及近外围邻区,大部分地区处在昆明新生代断陷盆地的南段,属低纬高原北亚热带季风气候区。全县呈北东部大、南西小、北东东走向较长的不规则状,地势南高北低,中北部的滇池沿岸为湖滨盆地区,属滇中高原浅切割中山地貌及断陷湖盆地貌区,分为侵蚀地貌、岩溶地貌和堆积地貌 3 大类型。

晋宁县域属元谋-绿汁江断裂以东、小江断裂以西的扬子准地台之滇中区的康滇古隆起区,位于武定-石屏隆断束和昆明台褶束的结合区。本区经历了多次构造运动作用,构造具有明显的继承性,前震旦纪其构造形态已具雏形,古生代以来受到加强和改造。总体构造形迹以近南北向的断裂、褶皱为特征。自滇池西岸南延的西山-普渡河断裂纵贯全县,将县域分为西区和东区。西区属于禄劝断凹区,受罗茨-易门深大断裂的影响强烈,东区属嵩明台区。

笔者通过对研究区地质灾害现状的详细调查①,查明全县共发育地质灾害 95 个,以小型为主,主要分布在二街河、晋城河及其支流河谷两岸的构造侵蚀中切割中山地貌区。

2.2 地质灾害易发性评价

2.2.1 评价因子的选取

结合晋宁县自然地理特征及前人对该区的研究,在充分考虑资料的可获得性、研究区域尺度、研究范围大小、研究精度等因素的前提下,最终选取斜坡几何形态、工程地质岩组、地质构造、水文地质条件、人类工程活动 5 个因子作为晋宁县地质灾害易发性评价因子指标体系。

2.2.2 评价指标量化

根据上述选取的地质灾害发生的主要控制条件和影响因素,结合本区地质灾害发育状况及统计分析结果,编制了晋宁县地质灾害易发定性评价分级标准(表 1)。根据表中确定的标准,对本区地质灾害依易发程度进行识别,判断地质灾害易发程度。

2.2.3 基于 ArcGIS 的信息量模型应用分析

根据经验公式(4),本次易发性评价单元大小为 30m×30m,晋宁县全区评价单元总数为 1367622 个。将选取的评价因子图层与地质灾害分布图在 GIS 中做空间分析,得到信息量的计算结果(表 2)。

表 1　晋宁县地质灾害易发性条件评价标准

Table 1　Evaluation criteria for conditions prone to geological hazards in Jinning county

因素		高易发条件	中等易发条件	低易发条件	不易发条件
地形	坡高/m	20 ~ 60	60 ~ 120	0 ~ 20 或 120 ~ 160	其他
	坡度/°	20 ~ 40	10 ~ 20、40 ~ 60	0 ~ 10、60 ~ 80	其他
断裂构造		斜坡位于断裂	位于断裂带两侧范围 2km 内	位于断裂带两侧范围 4km 内	远离断裂带 4km 范围以上
工程地质岩组		粘红土	砂岩夹泥岩	黄土	坚硬岩组
斜坡结构		顺向坡	斜向坡	横向坡	反向坡
水文地质		充分出露隔水层	局部出露隔水层	基本不出露隔水层	不出露隔水层
灾害点密度(个/100km^2)		>15	5 ~ 15	0 ~ 5	0
人类活动		铁路、公路两侧 2km	城镇、村庄、水库周边 2km	耕作区、果林区	未开发的原始森林区

表 2　地质灾害易发程度信息量计算结果

Table 2　Calculation results of information amount for potential geological hazards in Jinning County

类别	评级因子	状态	信息量计算			信息量排序
			S_i	N_i	I_i	
斜坡几何形态	坡高/m	<20	42	147143	-2.5876	22
		<20 ~ 60	3156	8762590	0.205438	6
		<60 ~ 120	4536	3687	-0.04786	15
		>120	0	4687	-	-
	坡度/°	0 ~ 20	14	72548	-2.1472	23
		20 ~ 40	5604	1436792	0.24156	4
		40 ~ 60	1816	1067543	-0.46574	20
		>60	0	3135	-	-
	坡向/°	0 ~ 45	846	407235	-0.25471	19
		45 ~ 90	812	340247	-0.24474	18
		90 ~ 135	925	365782	-0.14572	17
		135 ~ 180	987	303567	0.10215	9
		180 ~ 225	862	262358	0.10957	10
		225 ~ 270	1167	264812	0.39424	2
		270 ~ 315	1023	295473	0.13372	8
		315 ~ 360	780	274364	-0.02453	14
工程地质沿组	松散土层	5000	2544	746570	0.245713	5
	砂岩夹泥岩类	10000	4769	723571	0.84673	1
	碳酸盐岩	60000	0	21879	-	-
	侵入岩	200000	60	1040357	-3.9771	24
地质构造	断裂带构造影响	斜坡在断裂带 1km 影响范围以内	6321	1876549	0.24576	3
		斜坡在断裂带 1km 影响范围以外	469	66871	-0.9876	21
水文地质条件	河流冲蚀	河流两侧 0.5km 范围以内	5214	1678458	0.015742	12
		河流两侧 0.5km 范围以外	1236	981414	-1.24573	13
人类工程活动	强烈	铁路、公路两侧 1km 范围内	971	324756	0.147532	7
	中等	城镇、村庄、水库周围 5km 范围内	1033	341574	0.035712	11
	弱	耕作地区 2km 范围内	265	106578	-0.12547	16
	极弱	未开发地区	0	-	-	-

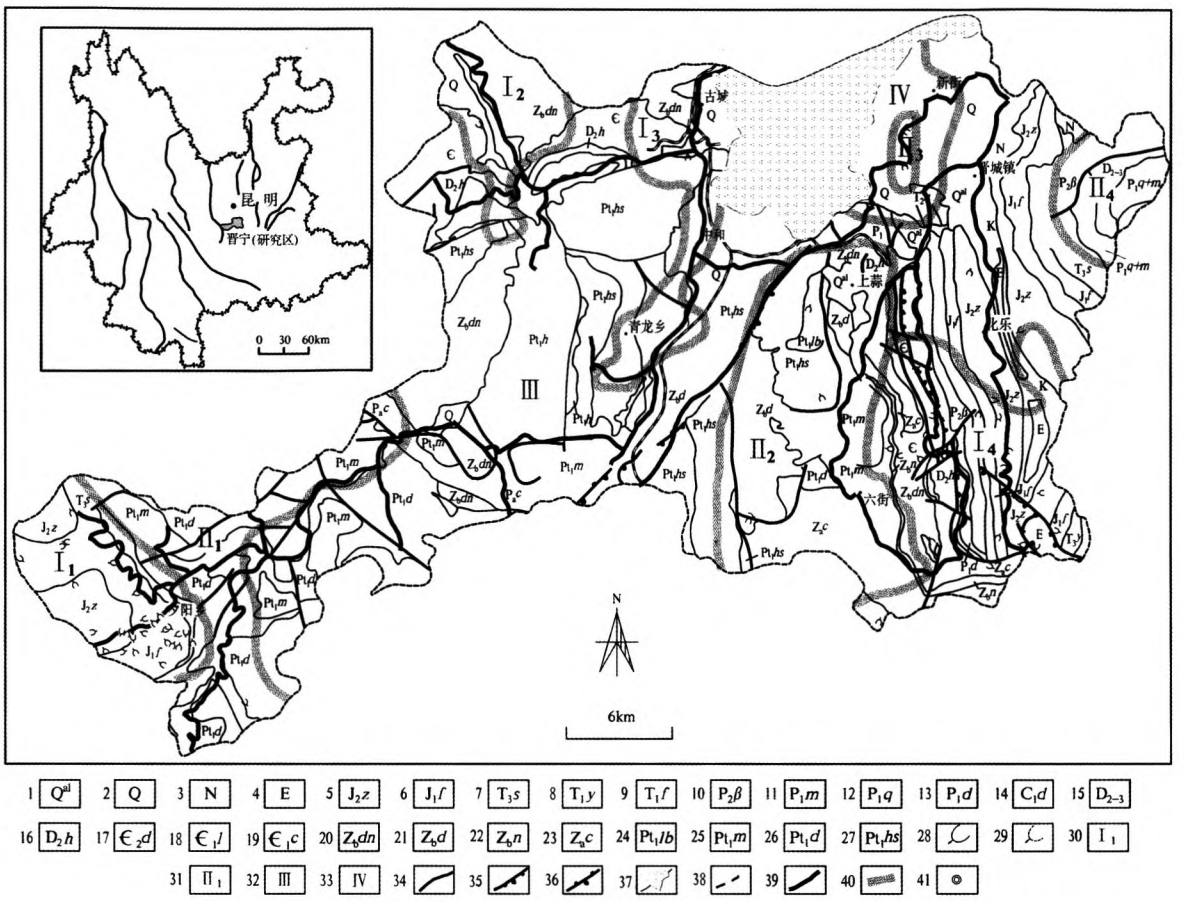

图 2 晋宁县地质灾害易发性分区图

Fig. 2 Division map of areas prone to geological hazards in Jinning county

1-河漫滩及河流相沉积层;2-第四系;3-上三叠系粘土岩;4-下三叠系砾岩;5-中侏罗统张河组泥岩;6-下侏罗统冯家河组泥岩;7-上三叠统舍资组砂岩;8-下三叠统永宁镇组白云岩;9-下三叠统飞仙关组砂岩;10-峨眉山玄武岩;11-茅口组灰岩、白云岩;12-栖霞组灰岩、白云岩;13-倒石头组页岩、砂岩;14-大塘组灰岩;15-宰格组白云岩;16-海口组砂岩;17-陡坡寺组白云岩;18-龙王庙组白云岩、白云质灰岩;19-沧浪铺组页岩、砂岩;20-灯影组白云岩、白云质灰岩;21-陡山沱组砂岩;22-南沱组砂岩;23、澄江组石英砂岩;24-柳坝塘组板岩;25-美党组板岩;26-大龙口组灰岩;27-板岩;28-地质灾害点;29-地质灾害隐患点;30-高易发区及其编号;31-中易发区及其编号;32-低易发区及其编号;33-不易发区及其编号;34-地层界线;35-正断层;36-逆断层;37-滇池水系;38-铁路;39-公路;40-分区界线;41-乡政府所在地

1-floodplain and fluvial sediments;2-Quaternary;3-claystone in Upper Triassic;4-conglomerate in Lower Triassic;5-Zhanghe Formation mudstone in Middle Jurassic;6-FengJiahe Formation mudstone in Lower Jurassic;7-Shezi Formation sandstone in Upper Triassic;8-Yongningzhen Formation dolomite in Lower Triassic;9-Feixianguan Formation sandstone in Lower Triassic;10-Emeishan basalt;11-Maokou Formation limestone and dolomite;12-Xixia Formation limestone and dolomite;13-Daoshitou Formation shale and sandstone;14-Datang Formation limestone;15-Zaige Formation dolomite;16-Haikou Formation sandstone;17-Douposi Formation dolomite;18-Longwangmiao Formation dolomite and dolomitic limestone;19-Canglangpu Formation shale and sandstone;20-Dengying Formation dolomite and dolomitic limestone;21-Doushantuo Formation sandstone;22-Nantuo Formation sandstone;23-Chengjiang Formation silicarenite;24-Chengjiang Formation silicarenite;25-Meidang Formation slate;26-Dalongkou Formation limestone;27-slate;28-geological disaster point;29-geological disaster hidden danger point;30-high-prone area and its number;31-middle-prone area and its number;32-low-prone area and its number;33-non-prone area and its number;34-stratigraphic boundary;35-normal fault;36-reverse fault;37-dian-lake river system;38-railway;39-highway;40-district boundaries;41-location of township government

从表 2 可以看出,对地质灾害的发生起决定作用的因素为松散土层+泥岩砂岩工程地质岩组、斜坡在断裂带影响范围内、20 ~ 40°坡度的斜坡、20 ~ 60m 坡高的斜坡以及人类活动强烈区域(公路、铁路两侧 1000m 范围内)。其他因素虽然不是地质灾害发生的决定性因素,但同样对地质灾害的发生有一定的影响。

利用统计学原理,再综合考虑各种因素,将晋宁

县地质灾害易发程度划分为 4 级,即高易发区(Ⅰ)、中易发区(Ⅱ)、低易发区(Ⅲ)及不易发区(Ⅳ)(图 2)。将本次评价结果与国土资源大调查项目的评价结果(薛传东等,2009)①相比较,结果基本一致。这说明,基于 GIS 的信息量法在地质灾害易发性评价上切实可行。

3 结　论

本文利用信息量法模型进行地质灾害易发性评价,在选取评价因子时引进专家的主观经验,同时结合现场采集的调查数据,定量与定性评价相结合,并利用 GIS 软件的空间分析功能自动生成评价结果,使得评价结果更客观合理,并避免了评价过程中主观因素干预过多的弊端。以滇中晋宁县为例的应用表明,本方法评价结果与国土资源大调查中的评价结果基本一致。这说明,基于 GIS 的信息量法在地质灾害易发性评价上切实可行,并具有广泛的应用价值。

[注释]

① 薛传东,高治群,尹　飞,等. 2009. 昆明理工大学. 云南省昆明市晋宁县地质灾害调查与区划报告

[References]

Anbalagan R, Singh A. 1996. Landslide hazard and risk assessment mapping of mountainous terrain-a case study for Kumaun Himalaya, India[J]. Engineering Geology, 43(4): 237-246

Chaco'n J, Irigaray C, Ferna'ndez T. 2006. Engineering geology maps: land slides and geogrphical information systems[J]. Bull. Eng. Geol. Environ., 65: 341-411

Cheng zhi-gang, Xu guang-quan. 2006. GIS-based assessment and prediction of geohazards[J]. Huainan Vocational & Technical College Learned Journal, 6(35): 46-48(in Chinese with English abstract)

Fu Xiao-lin, Huang Xue-bin, Guo Xi-zhe, Xu Kai-xiang, Cheng Wen-ming. 2004. Application of "3s" technology for the investigation and evaluation of geohazards[J]. Journal of Geomechanics, 10(1): 81-87(in Chinese with English abstract)

Gao Ke-chang, Chui Peng, Wei Fang-qiang. 2006. Based on geographic systems and information model of the landslide hazard evalution-a case study of Chongqing Wanzhou[J]. Rock Mechanics and Engineering, 25(5): 991-996(in Chinese with English abstract)

Guo Fang-fang, Yang Nong, Zhang Yue-qiao. 2008. ArcGIS-based geomorphological of landslides analysis[J]. Journal of Geomechanics, 14(1): 87-96(in Chinese with English abstract)

Hang Zhi-gang, Chen Xiang-yang, Liu Ai-ming. 2008. ArcGIS-based the rainfall type geological hazard assessment model in Fujian[J]. Fujian Meteorological, 5(10): 7-9(in Chinese with English abstract)

Jiang Hong-bin. 2007. GIS support of the geological hazard in real-time dynamic predication system architecture[J]. Geological Hazard and Control, 18(4): 19-23(in Chinese with English abstract)

Li Xiao-chi, Mills EG, Burcher SE. 1994. Application of GIS in geology [J]. Discovery of Nature, 13(4): 13-18(in Chinese with English abstract)

Li Zhong, Qu Li-qun. 2004. Applied research of comprehensive landslide prevention measures in Yu Huai-line city of Nanping Hill[J]. Geology and Exploration, 40(5): 94-96(in Chinese with English abstract)

Li Jun, Zhou Cheng-hu. 2003. GIS-based selection of grid size for landslide risk assessment[J]. Remote Sensing, 7(2): 86-93(in Chinese with English abstract)

Shi Ju-song, Zhang Yong-shuang, Dong Cheng, Wu Shu-ren. 2005. Landslide hazard zonation based on GIS technology in Badong New City[J]. Earth Science, 26(3): 275-282(in Chinese with English abstract)

Sun Wei-feng, Tan Cheng-xuan, Wang Ji-ming. 2008. Easy-happening assessment of geohazard in Qianyang County in Shanxi Baoji[J]. Geology and Exploration, 27(11): 1846-1853(in Chinese with English abstract)

Wu Shu-ren, Zhang Yong-shuang, Shi Ju-song. 2007. Assessment of landslide hazard in Fengdu County, Chongqing Three Gorges reservoir area[J]. Geological Bulletin, 26(5): 574-582(in Chinese with English abstract)

Xiang Xi-qiong, Huang Run-qiu. 2000. Geological hazard risk assessment and management [J]. Geological Hazard and Environmental Protection, 11(1): 38-41(in Chinese with English abstract)

Wu Yi-ping, Tang Hui-ming. 2001. Forecast study of geological hazard [J]. Geological Technology Information, 20(2): 87-90(in Chinese with English abstract)

Xu Zhi-wen. 2006. Environmental conditions and geological characteristics of geological hazards in Sichuan Province[J]. Geology and Exploration, 42(4): 97-102(in Chinese with English abstract)

Yin Kun-long, Zhang Gui-rong. 2003. Division of geological hazards and comprehensive countermeasures[J]. Safety and Environmental Engineering, 10(1): 32-35(in Chinese with English abstract)

Zang Ya-jun, Liu Dong-yan, Jiang Ke-feng. 2008. The analysis of gangue landslide hazard in Chongqing mining[J]. Geology and Exploration, 44(4): 87-91(in Chinese with English abstract)

Zeng zhao-hua. 1997. Formation and distribution of geological hazards in Jiangxi Province[J]. Geology and Exploration, 33(4): 17-20(in Chinese with English abstract)

Zhang Zong-hu. 2005. Environmental geology and geological hazards[J]. Quaternary Research, 25(1): 1-5(in Chinese with English abstract)

[附中文参考文献]

程志刚,许光泉. 2006. 基于 GIS 的地质灾害评价与预测[J]. 淮南职

业技术学院学报,6(35):46-48
付小林,黄学斌,郭希哲,徐开祥,程温鸣.2004."3S"技术整合在地质灾害调查评价中的应用[J].地质力学学报,10(1)1:81-87
高克昌,崔 鹏,赵纯勇,韦方强.2006.基于地理信息系统和信息量模型的滑坡危险性评价-以重庆万州为例[J].岩石力学与工程学报,25(5):991-996
郭芳芳,杨 农,张岳桥.2008.基于 ArcGIS 的滑坡地质灾害地貌因素分析[J].地质力学学报,14(1):87-96
黄志刚,陈向阳,刘爱鸣.2008.基于 ArcGIS 的福建省降雨型地质灾害易发性评价模型[J].福建气象,5(10):7-9
江鸿彬.2007.GIS 支持下的地质灾害实时动态预测评估系统架构研究[J].中国地质灾害与防治学报,18(4):19-23
李晓池,Mills EG,Burcher SE.1994.地理信息系统(GIS)在地质学中的应用[J].大自然探索,13(4):13-18
李 忠,曲力群.2004.山体滑坡的综合防治措施在渝怀线古城南平山的应用研究[J].地质与勘探,40(5):94-96
李 军,周成虎.2003.基于 GIS 滑坡风险评价方法中网格大小选取分析[J].遥感学报,7(2):86-93
石菊松,张永双,董 诚,吴树仁.2005.基于 GIS 技术的巴东新城区滑坡灾害危险性区划[J].地球学报,26(3):275-282
孙炜锋,谭成轩,王继明.2008.陕西宝鸡地区千阳县地质灾害易发性评价[J].地质通报,27(11):1846-1853
吴树仁,张永双,石菊松.2007.三峡库区重庆市丰都县滑坡灾害危险性评价[J].地质通报,26(5):574-582
向喜琼,黄润秋.2000.地质灾害风险评价与风险管理[J].地质灾害与环境保护,11(1):38-41
吴益平,唐辉明.2001.滑坡灾害空间预测研究[J].地质科技情报,20(2):87-90
徐志文.2006.四川省地质环境状况及地质灾害发育特征研究[J].地质与勘探,42(4):97-102
殷坤龙,张桂荣.2003.地质灾害风险区划与综合防治对策[J].安全与环境工程,10(1):32-35
臧亚君,刘东燕,蒋克锋.2008.重庆矿区矸石山滑坡成因分析[J].地质与勘探,44(4):87-91
曾昭华.1997.江西省地质灾害的形成及其分布规律[J]地质与勘探,33(4):17-20
张宗祜.2005.环境地质与地质灾害[J].第四纪研究,25(1):1-5

GIS-Based Information Acquisition Analysis and Its Application to Assessment of Areas Prone to Geological Hazards: A Case Study of Jinning County, Central Yunnan Province

GAO Zhi-qun[1], XUE Chuan-dong[1], YIN Fei[1], HE Huai-zhong[2], ZHU Chuan-bing[2]

(1. *Department of Earth Sciences, Kunming University of Science and Technology, Kunming* 650093;
2. *Institute of Geological Environment, Yunnan Geological Survey, Kunming* 650051)

Abstract: Assessment of areas prone to geological hazards is fundamental to efforts of disaster reduction. In previous work, the assessment of areas prone to geological hazards is mostly based on subjective experiences of experts, resulting in a major randomness in evaluation results. In this paper, the data of topography, rock groups in engineering geology, geological structure, hydrogeological conditions, and human engineering activities are employed as factors for such assessment. Using the information model, spatial data are analyzed and stacked automatically on the GIS platform, yielding zonation of areas prone to geological hazards under effects of various factors. Then in combination with the subjective experience of experts, by integrated qualitative and quantitative analyses, the zonation result is further modified to achieve scientific evaluation of potential hazards. Taking Jinning County of central Yunnan province as an example, the result from such an assessment is largely consistent with that of the project of National Land and Resource Survey. It confirms that this method is feasible and has a wide range and good prospect of application.

Key words: assessment of areas prone to geological hazards, information amount model, spatial analysis, GIS, Jinning County