

基于层次分析法的梅河口市地质灾害易发性区划

张宁,万忠梅*

吉林大学地球科学学院,吉林 长春 130061

摘要: 基于层次分析法的基本原理, 本文使用 YAAHP 软件建立地质灾害易发区的层次分析结构模型及判断矩阵, 通过矩阵求解确定影响地质灾害易发程度因子的权重。结合 GIS 技术, 将梅河口市地质灾害易发程度分为高、中、低 3 个区, 以期为工程建设提供参考依据。

关键词: 层次分析法; 梅河口市; 地质灾害; 易发性区划

中图分类号: P694

文章标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)02-0250-04

Division of Incident Geological Disaster Zone in Meihekou City Based on Analytic Hierarchy Process

ZHANG Ning, WAN Zhong-mei*

College of Earth Sciences/Jilin University, Changchun 130061, China

Abstract: This paper established the structural model and judgment matrix with a software of YAAHP based on the fundamental principle of Analytic Hierarchy Process(AHP) to solve the weight to influence on the incident geological disaster. Combining GIS, the levels of geological disaster likely occurred in Meihekou City were divided into 3 zones of high-prone, middle-prone and low-prone. The division result could provide a reference for project construction in this district.

Keywords: Analytic Hierarchy Process(AHP); Meihekou City; geological disaster; incident division

地质灾害是指自然因素或者人为活动引发的岩土体变形移位现象, 具体表现为崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等。地质灾害的发生与区域地质环境密切相关^[1], 这些地质环境因素主要包括地质构造、地层岩性、地形地貌、岩土体参数、气象水文、人类工程活动等。地质灾害易发性区划^[2]就是在综合考虑区域地质环境的基础上, 确定地质灾害发生的概率, 为当地的防灾减灾、工程建设规划提供参考。

地质灾害易发性区划的方法归根到底有两个:一是以地质灾害分布图和基础地质图件为基准, 通过数字化确定地质灾害易发性指标, 然后对各易发性指标进行叠加处理;二是对引发地质灾害的影响因子进行理论分析, 通过打分或评级的方法赋予各影响因子以权重系数, 再对各权重系数进行数学处理^[3]。具体包括信息量法^[4]、综合危险性指数法^[5]、层次分析法^[6]、人工神经网络^[7]等。层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)是 20 世纪 70 年代中期美国匹兹堡萨蒂教授提出的一种层次权重决策分析方法, 具有实用性、系统性、简洁性等优点,通常在目标结构复杂且缺乏必要数据时使用, 是将定性问题转换为定量问题的方法^[8]。

梅河口市位于吉林省南部, 是东北地区重要交通枢纽之一, 交通十分方便。地质环境质量较差, 由于人类工程经济活动影响, 亦有崩塌、泥石流、不稳定斜坡、地面塌陷等地质灾害发生, 截止到 2010 年底, 全市地质灾害已累计毁房 795 间, 毁坏农田 $2.711 \times 10^6 \text{ m}^2$, 造成直接经济损失 2.418×10^7 元。地质灾害已成为影响着全市经济社会发展的重要因素, 是梅河口市防灾减灾工作中需要解决的突出问题。因此, 对梅河口市开展地质灾害综合调查研究十分必要。

1 层次分析法基本原理及步骤

层次分析法本质上是决策目标分解, 并根据各因素间的相互关联以及隶属关系将因素层次化, 形成一个递归阶层结构。根据决策目标的特点, 对每一层的因素进行两两对比, 通过引入比例标度的方法实现数量化, 即构造判断矩阵。该矩阵的最大特征根及其特征向量归一化后即各因素的相对权重。层次分析法具体操作方法详见文献[6]。

收稿日期: 2014-11-12

修回日期: 2014-12-12-10

基金项目: 国家自然科学基金:气温升高背景下沼泽湿地土壤酶活性与有机碳动态的关系研究(41101271)

作者简介: 张宁(1987-),男,吉林省梅河口市人,在读研究生,主要从事地质灾害和生态地球化学研究. E-mail:wordhello@163.com

***通讯作者:** Author for correspondence. E-mail:wanzm@jlu.edu.cn

2 基于 YAAHP 的层次分析法实现过程

用来实现层次分析法的软件很多,本文使用 YAAHP 6.0 层次分析法软件进行。该软件灵活易用,提供方便的递阶层次结构模型构造、判断矩阵数据录入、排序权重计算以及计算数据导出等功能。更重要的是,在判断矩阵输入的时候可以即时显示一致性比例,方便矩阵的调整。

2.1 选取评价因子, 建立层次模型

评价因子的选择应当遵循科学、实用、可操作性原则。结合研究区地质环境概况,参考专家意见,确立梅河口市地质灾害易发性区划评价指标体系,该体系包含三个层次(图 1),即目标层、准则层、要素层。其中准则层包括地形地貌、工程地质、气象水文、人类活动四个方面,要素层包括相对高差、岩土体类型、采矿活动等 10 个评价因子。

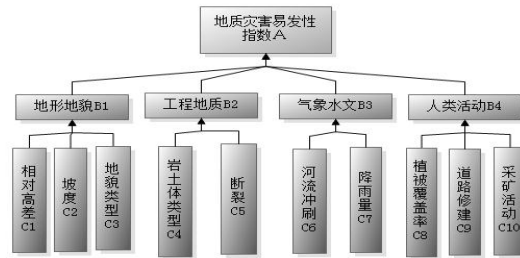


图 1 地质灾害易发性区划的层次分析模型

Fig.1 The model of analytic hierarchy division in incident geological disaster zones

2.2 输入判断矩阵, 求解相对权重

(1) 准则层 B₁-B₄ 相对于目标层 A 的判断矩阵及相对权重 (表 1)

表 1 A~B 层判断矩阵

Table 1 Judgment matrix of A~B

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	相对权重	Relative weight
B ₁	1	3	4	3	0.5150	
B ₂	1/3	1	2	1	0.1900	
B ₃	1/4	1	1	1/2	0.1051	
B ₄	1/3	1	2	1	0.1900	

其中: B₁-B₄ 分别为地形地貌、工程地质、气象水文、人类活动。

通过计算, CR=0.0077 < 0.1, 符合一致性要求。

Topography, geological engineering, meteorology and hydrology, human activities represented at B₁~B₄, respectively.

CR=0.0077 < 0.1 was got through calculation in accord with the demand of consistency.

(2) 要素层 C₁-C₃ 相对于准则层 B₁ 的判断矩阵及相对权重 (表 2)

表 2 B₁-C 层判断矩阵

Table 2 Judgment matrix of B₁-C

	C ₁	C ₂	C ₃	相对权重	Relative weight
C ₁	1	1/2	1/4	0.1365	
C ₂	2	1	1/3	0.2385	
C ₃	4	3	1	0.6250	

其中: C₁-C₃ 分别为相对高差、坡度、地貌类型。

通过计算, CR=0.0176 < 0.1, 符合一致性要求。

The relative height difference, slope represented at C₁-C₃, respectively.

CR=0.0176 < 0.1 was got through calculation in accord with the demand of consistency.

表 3 B₂-C 层判断矩阵

Table 3 Judgment matrix of B₂-C

	C ₄	C ₅	相对权重	Relative weight
C ₄	1	1/2	0.3333	
C ₅	2	1	0.6666	

其中: C₄-C₅ 分别为岩土体类型、断裂。

通过计算, CR=0 < 0.1, 符合一致性要求。

The geological structural types, fracture represented at C₄-C₅, respectively.

CR=0 < 0.1 was got through calculation in accord with the demand of consistency.

(4) 要素层 C₆-C₇ 相对于准则层 B₃ 的判断矩阵及相对权重 (表 4)

表 4 B₃-C 层判断矩阵

Table 4 Judgment matrix of B₃-C

	C ₆	C ₇	相对权重	Relative weight
C ₆	1	1/4	0.2000	
C ₇	4	1	0.8000	

其中: C₆-C₇ 分别为河流冲刷、降雨量。

通过计算, CR=0 < 0.1, 符合一致性要求。

Stream action, rainfall represented at C₆-C₇, respectively.

CR=0 < 0.1 was got through calculation in accord with the demand of consistency.

表 5 B₄-C 层判断矩阵

Table 5 Judgment matrix of B₄-C

	C ₈	C ₉	C ₁₀	相对权重	Relative weight
C ₈	1	1/4	1/5	0.0974	
C ₉	4	1	1/2	0.3331	
C ₁₀	5	2	1	0.5695	

其中: C₈-C₁₀ 分别为植被覆盖率、道路修建、采矿活动。

通过计算, CR=0.0236 < 0.1, 符合一致性要求。

The vegetation coverage, road construction, mining activities represented at C₈-C₁₀, respectively.

CR=0.0236 < 0.1 was got through calculation in accord with the demand of consistency.

(6) 各基础指标相对于目标层的综合权重见表 6

表 6 基础指标综合权重表
Table 6 Comprehensive weight of basic indexes

相对高差 Relative height difference	坡度 Slope	地貌类型 Topography	岩土体类型 Geological types	断裂 Fracture	河流冲刷 Stream action	降雨量 Rainfall	植被覆盖率 Vegetation coverage	道路修建 Road construction	采矿活动 Mining activities	
相对权重	0.0703	0.1228	0.3219	0.0633	0.1266	0.0210	0.0841	0.0185	0.0633	0.1082

3 梅河口市地质灾害易发性区划

3.1 地质灾害易发性区划模型

采用国土资源部颁布的《县市地质灾害调查与区划调查基本要求实施细则 2006》中推荐的模型:

$$Z = \sum_{i=1}^n w_i D_i$$

式中:Z 为地质灾害易发性综合指数; w 为评价指标的权重, 采用前面层次分析法求得的权重; D 为评价指标的标准值, 采用分级赋值的方法实现数值化(表 7)。

表 7 评价指标分级赋值表
Table 7 Classification table of evaluation indexes

评价指标 Index	赋值 Evaluation		
	3	2	1
相对高差 (m)	>30	5~30	<5
坡度(°)	>75	15~75	<15
地貌类型	侵蚀剥蚀中山、低山	侵蚀剥蚀丘陵	波状台地、堆积河谷平原
岩土体参数	松散体、软弱岩体	半坚硬岩体	坚硬岩体
断裂	非常发育	比较发育	不发育
河流冲刷	强烈冲刷, 浸润软化坡脚	对坡脚或坡体比较强烈	对坡脚或坡体基本无影响
降雨量 (mm/a)	>800	500~800	<500
植被覆盖率(%)	<15	15~50	>50
道路修建	强烈开挖山体, 削去坡脚	对山体、坡脚影响比较强烈	对山体、坡脚基本无影响
采矿活动	矿山密集, 造成地表大面积塌陷	矿山比较密集	基本无矿山

3.2 数据来源

相对高差和坡度: 将研究区 1:5 万地形图在 MAPGIS 平台上矢量化生成 DEM, 在 DEM 中解算相对高差和坡度; 地貌类型: 来自梅河口市地貌类型图; 岩土体参数: 来自梅河口市 1:5 万工程地质图; 断裂: 在梅河口市 1:5 万地质图上提取断裂构造并矢量化, 做缓冲区分析; 河流冲刷: 在 1:10 万地理底图上提取河流水系并矢量化, 做缓冲区分析; 降雨量: 来自多年降雨量等值线图; 植被覆盖率: 来自梅河口市 2010ETM 遥感影像; 道路修建: 在 1:10 万政区图上提取线性公路并矢量化, 做缓冲区分析; 采矿活动: 来自梅河口市矿山企业分布图。

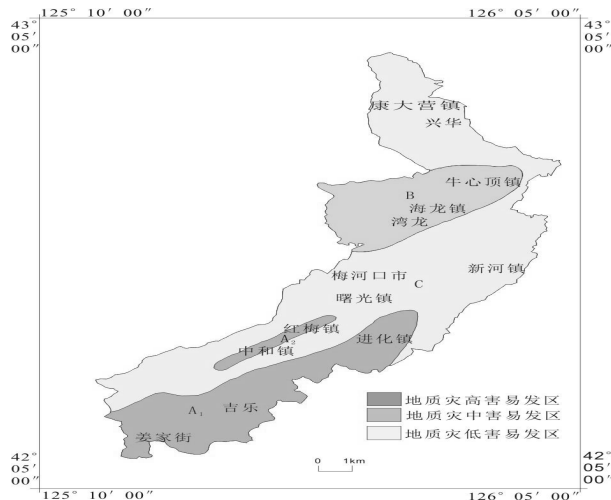


图 2 梅河口市地质灾害易发性综合分区图

Fig.2 Comprehensive division of geological hazards evaluation of probability of occurrence in Meihokou city

3.3 易发性区划实现过程

利用栅格法处理已经数字化的单基础评价指标图件,按 $1\text{ km}\times 1\text{ km}$ 网格部分,周边不足 $1\text{ km}\times 1\text{ km}$ 的合并到相邻网格中。利用 MAPGIS 空间分析模块中区对区的合并分析功能,依次将各单指标图件进行区合并操作,合并后生成的区文件,通过库管理模块的属性库管理输出属性,按照 3.1 中 Z 的计算公式计算各单元格的地质灾害易发性综合指数值,最后将“地质灾害易发性指数”字段联回新区文件^[9]。按照 $Z>2.1$ 为高易发区, $2.1\sim 1.2$ 为中易发区, $Z<1.2$ 为低易发区的标准进行分区。

3.4 易发性区划结果

(1) 姜家街—进化镇崩塌、泥石流为主地质灾害高易发亚区 (A_1)

位于梅河口市东南部,面积 472.94 km^2 ,占全市总面积的 21.74%。本区地貌属中低山区,地质环境质量差,地质灾害发育。地质灾害多分布于公路沿线,区内发现地质灾害点 34 处,其中崩塌 22 处、不稳定斜坡 8 处、泥石流 4 处。泥石流灾害主要因森林过度砍伐和陡坡开荒引发。森林砍伐后降低了碎屑物的固结能力,同时对水源的含氧能力也大大降低,陡坡开荒,使斜坡上的物质更加松散,易激发泥石流的形成。

(2) 红梅镇—中和镇地面塌陷地质灾害为主高易发亚区 (A_2)

位于梅河口市南部,呈条带状分布,面积 41.13 km^2 ,占全市总面积的 1.89%。本区人类工程活动强烈,是梅河口市集中采煤的区域,地质环境质量差,地质灾害发育。区内共有地质灾害点 12 处,其地面塌陷 10 处、地裂缝 2 处。塌陷区呈单体式或串珠状群集式产生,塌陷周边可见开裂痕迹,有疏松状堆积物,说明地表下沉仍在继续,按《县市地质灾害调查与区划调查基本要求实施细则 2006》塌陷体稳定性分级,应属不稳定级。地裂缝主要分布在煤矿塌陷区,与地面塌陷相伴生,往往由单列发展为群列,表层岩性为第四系中更新统冲洪积黄土状粉质粘土。

(3) 地质灾害中易发区 (B)

位于梅河口市湾龙—牛心顶镇一带,面积 353.40 km^2 ,占全市总面积的 16.25%。本区地貌单元以丘陵、波状台地为主,地质环境质量较差,地质灾害较发育。区内共有地质灾害点 24 处,其中崩塌 15 处、不稳定斜坡 9 处。

(4) 地质灾害低易发区 (C)

位于梅河口市康大营镇—新河镇—曙光镇广大区域,面积 1307.53 km^2 ,占全市总面积的 60.12%。地貌类型为丘陵河谷平原区,区内地质灾害不发育,地质环境质量较好。

4 结论

(1)根据层次分析法基本原理,使用 YAAHP 软件建立了用于地质灾害易发性区划的层次结构模型,结合专家意见,得到递阶层次的判断矩阵,通过求解,得到了各基础指标的权重。

(2)利用 GIS 技术,将梅河口市地质灾害易发程度划分为高、中、低三个区,分区结果与实际地质灾害调查结果比较吻合,为本地的防灾减灾、建设项目规划选址提供了参考依据。

参考文献

- [1] 殷跃平.中国地质灾害减灾战略初步研究[J].中国地质灾害与防治学报,2004,15(2):1-8
- [2] 赵彦宁.基于 GIS 的吉林省敦化市地质灾害易发性区划方法研究[D].长春:吉林大学,2013
- [3] 王 哲,易发成.我国地质灾害区划及其研究现状[J].中国矿业,2006,15(10):47-50
- [4] 吴柏清,何政伟,刘严松.基于 GIS 的信息量法在九龙县地质灾害危险性评价中的应用[J].测绘科学,2008,33(4):146-147
- [5] 许传杰,高宗军,董红志,等.综合危险性指数法在东港区地质灾害易发区划分中的应用[J].防灾科技学院学报,2013,15(4):61-67
- [6] 姚玉增,任群智,李仁峰,等.层次分析法在山地地质灾害危险性评价中的应用——以辽宁凌源地区为例[J].水文地质工程地质,2010,37(2):130-134
- [7] 向喜琼,黄润秋.基于 GIS 的人工神经网络模型在地质灾害危险性区划中的应用[J].中国地质灾害与防治学报,2000,11(3):23-27
- [8] 许树柏.实用决策方法—层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1988
- [9] 马 力,李立军,赵彦宁,等.基于 GIS 空间分析的吉林省辉南县地质灾害易发程度评价[J].吉林地质,2014,33(2):106-111