

# 基于 GIS 的崂山区洪水危险等级模糊评判研究

焦俊超<sup>1,2</sup>, 马安青<sup>1,2</sup>, 李福建<sup>1,2</sup>

(1. 中国海洋大学 海洋环境与生态教育部重点实验室, 山东 青岛 266100;

2. 中国海洋大学 环境科学与工程学院, 山东 青岛 266100)

**摘要:** 为减少洪水灾害造成的损失并做到提前防范, 以青岛市崂山区为研究对象, 运用模糊数学综合评判方法建立因子集、决断集、隶属函数和权重集, 设计出评判模型, 借助 GIS 空间分析方法并结合 GIS 组件开发出崂山区洪水灾害危险性分级评判系统。该分级评判系统根据输入数据自动生成崂山区洪水危险性分布图, 共分为最安全、安全、一般、不安全、最不安全 5 个等级, 评判出的危险性空间分布与实际调查结果吻合程度高, 其中王哥庄街道为洪水危险等级最高的地区。研究表明, 该方法具有应用性强, 操作简便, 效果良好的特点, 并有在其它危险评判中推广应用的潜力。

**关键词:** GIS; 洪水危险性分级; 模糊评判

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)05-0161-04

中图分类号: X820.4

## Fuzzy Evaluation of Flood Risk Rating in Laoshan District Based on GIS

JIAO Jun-chao<sup>1,2</sup>, MA An-qing<sup>1,2</sup>, LI Fu-jian<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Marine Environmental Science and Ecology of the

Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266100, China; 2. College of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266100, China)

**Abstract:** The purpose of the study was to reduce the losses caused by flood and to prevent them in advance, by taking Laoshan District, Qingdao City as an object. Based on GIS components and the spatial analysis of GIS, we designed an evaluation model to develop flood risk evaluation system for Laoshan District, using factor set, judgment set, membership function, and weight set established by the method of fuzzy comprehensive evaluation. The system can produce assessment results automatically after user enters data, which is classed into high grade, slightly high grade, medium grade, slightly low grade, and low grade. The results obtained by the rating system are most in common with the actual results. Especially, Wanggezhuang street is in the highest grade in the area. With good flexibility and performance, the method of the system can be popularized to general crisis evaluation judge.

**Keywords:** GIS; floods risk rating; fuzzy evaluation

自然灾害风险值是未来若干年可能达到的灾害程度及其发生的可能<sup>[1]</sup>。青岛崂山区地貌类型众多, 雨季集中, 洪水灾害时有发生, 洪水灾害的危险评判显得极为重要。风险评判是对一特定期间内安全、健康、生态、财政等受到损害的可能性及可能的程度做出评估的系统过程<sup>[2]</sup>。

随着计算机技术的发展, GIS 在企业信息管理、土地规划、燃气管网风险预警等方面得到了广泛的应用。其中, 将 GIS 技术应用于环境评价中, 实现对空

间数据和属性数据特有的集成管理与空间分析功能是其系统和应用软件难以替代的<sup>[3]</sup>。模糊综合评判决策是对受多种因素影响的事物做出全面评判的一种十分有效的多因素决策方法, 而洪水灾害的灾情是由各种自然环境与社会经济等多种因素综合作用的结果<sup>[4]</sup>, 因此将模糊数学方法引入灾情评判是十分有必要的。

目前为止, 利用计算机技术和 GIS 技术研究洪水灾害是一个热点<sup>[5-6]</sup>, 但大部分基于 GIS 的模糊评

收稿日期: 2010-03-11

修回日期: 2010-04-18

资助项目: 海洋公益性项目“胶州湾水质预报关键技术前期研究”(20080511); 国家海洋局 908 专项“其它海岸带地质害踏勘与调访”(908-01-ZH2)

作者简介: 焦俊超(1985—), 男(汉族), 河南省驻马店市人, 在读硕士, 研究方向为 GIS 二次开发。E-mail: zm djchjjch@163.com。

通信作者: 马安青(1970—), 男(汉族), 安徽省太和县人, 讲师, 博士, 主要从事遥感与地理信息系统在资源与环境方面的应用与开发。E-mail: maanqing538@sina.com。

判方法都是借助 ArcGIS 软件, 利用栅格图层叠加完成的<sup>[7-8]</sup>。这需要使用者必须对 GIS 软件有很强的操作能力, 这就在一定程度上限制了用户的范围, 甚至会影响到最终评估结果的正确性。本研究把崂山区划成一定面积的矢量网格, 运用模糊综合评判方法构建评判模型, 结合组件 GIS 开发崂山区洪水危险性分级评判系统, 使用时只需按照界面提示输入相关数据即可得到评价结果, 从而为相关部门提供易操作的辅助决策系统。

## 1 研究区概况和数据资料

### 1.1 研究区概况

青岛市崂山区位于青岛市东南部, 位于  $120^{\circ}24' - 120^{\circ}37' E$ ,  $36^{\circ}4' - 36^{\circ}8' N$  之间, 面积  $390 \text{ km}^2$ 。辖有中韩、沙子口、北宅、王哥庄 4 个街道办事处, 是山东经济最发达的地区之一<sup>[9]</sup>。崂山主峰海拔  $1132.7 \text{ m}$ , 区域平均高程  $55 \text{ m}$ ; 山区丘陵面积  $360.44 \text{ km}^2$ , 占总面积的  $92.6\%$ ; 山区坡度陡峭, 最大超过  $7^{\circ}$ ; 区域内河流 23 条, 特点是源短, 流急, 多直流入海; 该区属温带大陆季风气候, 降水时空差异较为显著, 夏秋季 (6—10 月) 降水量占全年降水量的  $62.3\%$ 。这些地形、气候等特征成为崂山区洪水灾害发生的主要诱因。

### 1.2 数据资料

数据主要包括 1:2.5 万的崂山区地形图, 1:5 万的青岛市地貌图, 1:5 万崂山区河流水系图, 1:4.7 万崂山区行政区划图, 1985—2008 年崂山区各个气象观测站的降雨量数据。另外还有崂山区市情资料库、现场调查数据等。

## 2 研究方法和实施技术

### 2.1 模糊评判法

自美国控制专家 Zadeh L A 提出模糊集合的概念以来, 模糊综合评判理论被广泛的应用到各个领域<sup>[10-11]</sup>。把要评判的事物看成是由多种因素组成的模糊集合 (称为因素集  $U$ ), 再设定这些因素所能选取的评审等级, 组成模糊集合 (称为评判集  $V$ ), 利用隶属度函数求评价因子对危险级别的隶属度, 分别求出各单一因素对各评审等级的归属程度 (称为模糊矩阵  $R$ )。根据层次分析法<sup>[12]</sup> 得到各因子权重  $A$ , 最终得到评判等级  $B=A \times R$ 。

### 2.2 GIS 技术

国外尤其是发达国家将 GIS 技术应用于洪水灾害研究方面已做了很多研究, 对洪水灾害危险性及其时空分布的研究, 成为这些研究中的一个重要内

容<sup>[13-14]</sup>。组件式 GIS 是指基于组件对象的平台, 以组件的形式提供基本功能, 是 GIS 与组件技术相结合的新一代地理信息系统<sup>[15]</sup>。组件式 GIS 与通用开发平台结合, 成为当今 GIS 模型实用化发展所采用的一种主要方式。

## 3 模型建立和系统设计

### 3.1 建立模糊评判模型

崂山区洪水灾害危险评判系统技术路线如图 1 所示。

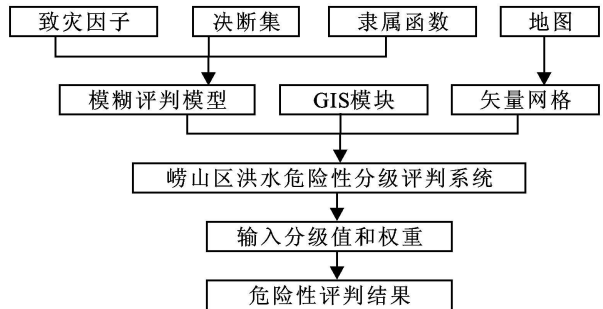


图 1 崂山区洪水灾害危险评判系统技术路线图

3.1.1 选取致灾因子 崂山区夏秋季降水的总量和强度都是最大的, 洪水灾害也基本上都发生在夏秋季节。因此评判系统主要基于夏秋季的各种数据, 评判结果也是针对夏秋季而言的。在评判体系中, 根据实际情况和前人的研究<sup>[16]</sup>, 遴选了夏秋季的降水强度 ( $U_1$ )、坡度 ( $U_2$ )、河网密度 ( $U_3$ )、人口密度 ( $U_4$ )、植被覆盖 ( $U_5$ ) 和降雨量 ( $U_6$ ) 6 个致灾因子来进行危险性等级评判。由崂山区各气象观测站数据通过插值方法得到降水量与降水强度空间分布图, 其中降雨量是夏秋季节的总降水量, 降雨强度是日降水量大于  $50 \text{ mm}$  的天数和。坡度由崂山区地形图的 DEM 得到, 河流由崂山区水系分布图得到。人口密度由崂山区市情资料库查阅并通过插值得到, 植被覆盖由青岛市地貌得到。

3.1.2 矢量网格数据 用 ArcGIS 软件将 1:4.7 万青岛崂山区地形图数字化为 9 750 个边长为  $200 \text{ m}$  的 ShapeFile 矢量网格, 每个网格都将被看作是一个独立的响应单元。该分辨率基本保证了每个评判单元内, 致灾因子空间变化的一致性以及单元间变化的连续性。对照各因子的地图分布进行评判单元数据入库操作, 把要进行综合评判的因素作为字段存储在矢量数据库中。把崂山区域离散为这些均匀矢量网格, 评价数据库中的字段对应模糊评价模型中的影响因子, 每条记录实际代表  $200 \text{ m} \times 200 \text{ m}$  的地块, 相当于一个评判单元。

3.1.3 决断集及隶属度 重点根据已有洪水调查数据, 结合相关的研究<sup>[17]</sup> 和标准规范, 将各评判因子进行量化分级, 建立了崂山区洪水灾害危险性评判因子等级划分表(表 1)。

鉴于灾害环境系统的复杂性, 因此其风险并不具有绝对的含义。常用的分级方法为逻辑信息分类法和特征分类法, 将级别划分为 3 级或 5 级<sup>[18]</sup>。在这里分为 5 级, 决断集  $V=(1, 2, 3, 4, 5)$ , 每一个影响因子都分为 5 个等级, 最安全(1 级)、安全(2 级)、一般(3 级)、不安全(4 级)、最不安全(5 级)。

表 1 致灾因子分级

致灾因子	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
降雨强度/次	3	4	5	6	7
坡度/(°)	0	10	20	30	40
河网密度/(km <sup>2</sup> ·km <sup>-2</sup> )	0	0.2	0.4	0.6	0.8
人口密度/(人·km <sup>-2</sup> )	200	300	400	500	600
植被覆盖/%	80	60	40	20	0
降水量/mm	250	350	450	550	650

3.1.4 建立权重集 致灾因子对引发洪水灾害的作用有大小之分, 因此, 分析指标体系中的各项因素的相互作用和相互联系, 确定它们在评价体系中的相对地位和相对影响即所占的权重, 是正确进行危险性评价的重要条件。

按照 AHP 层次分析法<sup>[19-20]</sup>, 通过两两比较, 构造出判断矩阵, 计算出各因子权重, 如表 2 所示。

表 2 因子权重值

$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	$U_5$	$U_6$
0.298	0.228	0.109	0.053	0.081	0.231

注:  $U_1$ : 降水强度;  $U_2$ : 坡度;  $U_3$ : 河网密度;  $U_4$ : 人口密度;  $U_5$ : 植被覆盖;  $U_6$ : 降雨量。

3.1.5 评价计算 根据上面介绍的模糊评判原理, 采用  $M(°, +)$ ——加权平均模型, 对每个网格的数据按照隶属函数计算得到各因子的隶属度, 得到矩阵  $R$ 。综合评判等级矩阵  $B=A \times R$ 。再根据加权平均模型对矩阵  $B$  进行归一化整理, 得到最终的评判等级值。

### 3.2 GIS 系统功能实现

借助于 VB.Net 2005 和 ArcEngine 9.2 开发出以 GIS 为基础, 模糊评判模型为核心的系统。在评判系统中, 用户应先新建最终评判等级字段, 在等级计算对话框里可以选择相关的评判因子, 然后输入各个因子的分级值以及权重, 依据嵌入的模糊评判模型进行运算, 最后得到评判等级。利用评价等级字段制作专题图, 对危险等级评判结果以专题图形式显示,

得到崂山区洪水灾害危险性评判的最终可视化效果(图 2)。

### 3.3 评判结果分析

由系统评判出的结果图 2 可以看出, 崂山区洪水灾害最不安全区占全区总面积的 1.8%。主要分布在王哥庄办事处的白石头窖、孢子菌、桑石屋和东西岐以及沙子口办事处的后曹等地。历史上因洪水而引起的大河东村泥石流灾害就发生在这个地区, 这与评价结果相吻合。

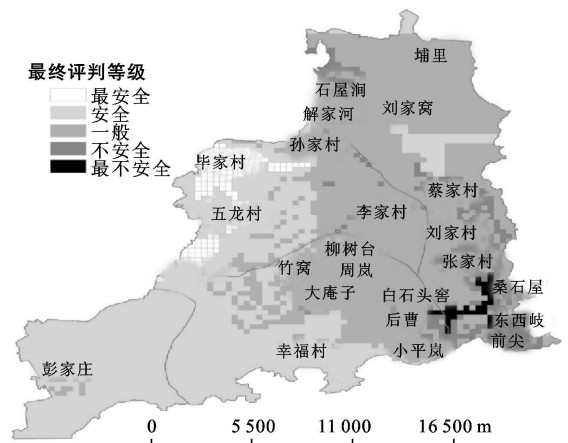


图 2 崂山区洪水灾害危险性等级最终评判结果

不安全区占全区总面积的 14.1%, 主要分布在王哥庄办事处北部的石屋涧、解家河地区, 中部的张家村、刘家村、蔡家村, 南部的东宅、大平岚一带, 在北宅办事处的东部也有零星分布。

一般区占全区面积的 42.6%。主要分布在沙子口街道北部的竹窝、柳树台、周岚, 中部的小河东、大庵子, 南部的黑石沟、幸福村, 北宅街道的李家、孙家村地区以及王哥庄街道北部的埔里、刘家窝附近。

安全区占全区面积的 37.6%。基本覆盖中韩全部、沙子口西南区、北宅的中部和西部地区。

最安全区主要分布在北宅街道的毕家村、五龙村、东陈村和沙子口街道的北龙口和南龙口。

最不安全和不安全区域主要分布在王哥庄地区, 一般区在北宅和沙子口分布较多, 中韩发生洪水灾害的危险等级最小。因此, 应该加强防御的地区是王哥庄地区。

## 4 结论

模糊数学与 GIS 相结合, 使洪水灾害危险性评价更加效率化, 科学化, 可信度更高。系统操作简单, 效果直观, 能提供良好的可视化界面, 空间分析及各种专题地图制作功能, 无须专业的 GIS 知识, 只需按提示输入隶属函数分级值和权重值即可。评判结果

与以往实际发生点,基本一致,这表明研究所采用的评价方法较为科学,选用的评价指标体系较为准确。该系统嵌入的模型具有通用性强的特点,这就可以在修改相应参数后移植到其它区域,进而扩大 GIS 在水土保持方面的应用范围。但在模型设计和系统开发过程中也存在一些需要完善的方面,如致灾因子的全面性和计算机运算速度等。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 张会,张继权,韩俊山.基于 GIS 技术的洪涝灾害风险评估与区划研究:以辽河中下游地区为例[ J ]. 自然灾害学报, 2005, 14(6): 141-146.
- [ 2 ] Robert L Schuster. Concepts of risk-based decision making with emphasis on eotechnical engineering and slope hazard[ M ] // Geotechnical Risk Management, 1999: 1-21.
- [ 3 ] 张金存,魏文秋,马巍.洪水灾害遥感监测分析系统研究[ J ]. 灾害学, 2001, 16(1): 39-44.
- [ 4 ] 高惠嫣,王苏芳,王艳庆,等.关于洪水灾情评估模型优选的探讨[ J ]. 河北水利水电技术, 2004(1): 34-36.
- [ 5 ] Wahlstrom E, Loague K, Kyriakidis P C. Hydrologic response; Kaho'olawe, Hawaii[ J ]. Journal of Environmental Quality, 1999, 28(2): 481-492.
- [ 6 ] 徐志胜,冯凯,冯春莹,等. R-GIS 技术在小城镇洪水淹没模拟分析中的应用[ J ]. 防灾减灾工程学, 2004, 24(3): 247-251.
- [ 7 ] 马安青,胡泓,安兴琴,等.应用 GIS 模拟城市大气污染物浓度分布[ J ]. 城市环境与城市生态, 2007, 20(2): 32-34.
- [ 8 ] 宫清华,黄光庆,郭敏,等.基于 GIS 技术的广东省洪涝灾害风险区划[ J ]. 自然灾害学报, 2009, 18(1): 58-63.
- [ 9 ] 尹明泉,谭俊龄,王治良,等.青岛市崂山区地质灾害气象预报预警[ J ]. 水文地质工程地质, 2006, 33(2): 96-100.
- [ 10 ] Yin Y Y, Huang G H, Hipel H K, et al. Fuzzy relation analysis for multicriteria water resources management[ J ]. Journal of Water Resources Planning and Management, 1999, 125(1): 41-47.
- [ 11 ] Sasikumar K, Mujumdar P P. Fuzzy optimization model for water quality management of a river system[ J ]. Journal of Water Resources Planning and Management, 1998, 124(2): 79-88.
- [ 12 ] 侯英姿,陈晓玲,王方雄.基于 GIS 的水环境价值模糊综合评价研究[ J ]. 地理科学, 2008, 28(1): 89-93.
- [ 13 ] Mejia-Navarro, Wohl E E. Geological hazard and risk evaluation using GIS: methodology and model applied to Medellin, Colombia[ J ]. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, 1994, 31(4): 459-481.
- [ 14 ] Van Westen C J, Van Asch T W J, Soeters R. Landslide hazard and risk zonation: why is it still so difficult[ J ]. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2005, 65(2): 176-184.
- [ 15 ] 宋关福,钟耳顺.组件式地理信息系统研究与开发[ J ]. 中国图象图形学报, 1998, 3(4): 313-317.
- [ 16 ] 刘红艳,孙希华,张玉堂.基于 GIS 的济南市土壤侵蚀敏感性评价研究[ J ]. 水土保持通报, 2008, 28(2): 127-130.
- [ 17 ] 张业成,胡景江,张春山.中国地质灾害危险性分析与灾变区划[ J ]. 海洋地质与第四纪地, 1995, 15(3): 55-67.
- [ 18 ] 李培英,杜军,刘乐军,等.中国海岸带灾害地质特征及评价[ M ]. 北京海洋出版社, 2007: 207-218.
- [ 19 ] 张臻,王龙昌,杨松,等.基于 AHP 法的四川省水资源可持续利用综合评价[ J ]. 干旱地区农业研究, 2009(4): 213-218.
- [ 20 ] 刘涛,洪江,吴敬东,等.层次分析法在泥石流危险度评价中的应用:以北京市密云县为例[ J ]. 水土保持通报, 2008, 28(5): 6-10.
- (上接第 137 页)
- [ 3 ] 唐健.基本农田保护:问题与对策[ J ]. 中国土地, 2004(7): 24-28.
- [ 4 ] 殷海善,陶运平,兰仁德.山西省基本农田保护的现状、预测与对策研究[ J ]. 山西农业科学, 2007, 35(6): 8-11.
- [ 5 ] 陈雯,孙伟,段学军,等.苏州地域开发适宜性分区[ J ]. 地理学报, 2006, 61(8): 839-846.
- [ 6 ] 孙伟,陈雯,段学军,等.基于生态-经济重要性的滨湖区城市土地开发适宜性分区研究:以无锡市为例[ J ]. 湖泊科学, 2007, 19(2): 190-196.
- [ 7 ] 金志丰,赵海霞,陈雯.海门沿江地区开发适宜性分区研究[ J ]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(1): 16-21.
- [ 8 ] 金志丰,陈雯,孙伟,等.基于土地开发适宜性分区的土地空间配置:以宿迁市区为例[ J ]. 中国土地科学, 2008, 22(9): 43-50.
- [ 9 ] 国务院.基本农田保护条例[ EB/OL ]. (2005-12-05) [ 2009-02-25 ]. <http://www.mlr.gov.cn/pub/gtzyb/zcfg/tdg1f1fg/t200406240370.htm>.