

模糊综合评判法在新宾县地质灾害易发程度分区评价中的应用

陈国钧, 封 灵

(辽宁省矿产勘查院 辽宁 沈阳 110032)

摘 要 结合辽宁省新宾县地质灾害发育情况, 在充分分析影响该地区地质灾害发生发展的自然因素和人为因素基础上, 应用模糊综合评判方法, 通过网格单元剖分, 对泥石流、崩塌、滑坡、地面塌陷、地裂缝 5 种地质灾害进行易发程度划分与评价。结合 Visual BASIC 软件编程对各单元区评定等级, 对其数字化结果进行叠加分析, 最后应用 Sufer 7.0 软件生成等值线进行了新宾县地质灾害易发区的划分并作出评价。

关键词 模糊综合评判; 地质灾害; 叠加分析; 评价; 辽宁省新宾县

地质灾害是由于自然作用和人为诱发产生的对人民生命财产安全造成危害的地质现象。各种地质灾害都是在一定地质环境背景条件下形成的, 地质灾害的影响因素是多方面的, 既有自然因素, 如地形地貌、地质构造、岩土体类型地质构造等, 也有人为因素, 人类工程活动往往是引发地质灾害的主动因素。由于引发地质灾害的各种因素间相互影响, 出现了模糊性, 如根据降雨量值达到地质灾害高易发区级别, 而根据地形坡度仅属于中易发级别, 根据人类活动影响又是低易发级别。如何解决这一矛盾, 模糊数学为我们提供了一条比较合理的途径^[1]。

新宾满族自治县隶属于辽宁省抚顺市, 位于抚顺市东南部。地理坐标为东经 124°16'~125°28', 北纬 41°14'~41°59'。行政区面积 4437 km², 属中温带大陆气候, 地处辽东山地丘陵区的东部, 境内群山环抱, 地势高峻。根据地质灾害现状调查, 新宾县地质灾害以突发性地质灾害为主, 灾害类型有泥石流、崩塌、滑坡、地面塌陷、地裂缝等。上世纪 80 年代之后, 由于地质环境的逐渐恶化, 各种地质灾害开始频繁发生, 已发生地质灾害 41 处, 死亡 11 人, 损失牲畜 9 头, 毁路 20 010 m, 毁桥 1 座, 毁耕地约 454 hm², 毁房 370 间, 直接经济损失 1026.25 万元^①。

1 模糊综合评判的原理及步骤

1.1 模糊综合评判的原理

根据模糊数学理论, 模糊综合评判可用 $A \times R = B$ 模式描述。其中 A 为输入, 即参评因子权重集, 是一个

$1 \times m$ 阶行矩阵 (m 为参评因子总数); R 为模糊变换器, 即由单因子评价行矩阵组成 $m \times n$ 阶模糊关系矩阵 (n 为评价级别数); B 为输出, 即为综合评判结果, 称为评价矩阵, 为一个 $1 \times n$ 阶行矩阵。

可见, 模糊综合评判就是对拟评判对象选定一些主要因素, 先进行单因素综合评判, 评价结果构成模糊关系矩阵 R , 再考虑诸因素在总综合评判中的地位 (即权重集 A) 求取 R 和 A 合成的过程^[1]。

1.2 模糊综合评判的步骤

(1) 确定评判对象的因子集 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$ 及评语 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$, 式中 U 代表各评价因子, V 代表评语等级的模糊尺度集合。

(2) 建立单因子评判, 即相对于评价因子 U 分别作出评价的隶属度, 记作 r_{ij} , 各因子的隶属度根据所建立的隶属函数求得, 整个因子集内诸因子的隶属度向量组成隶属度矩阵, 即模糊矩阵 R , 公式如下:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1j} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2j} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{ij} \end{pmatrix}$$

式中: r_{ij} 代表评价对象各评判因子的隶属度; R 代表各评判因子的隶属度矩阵。

(3) 评判因子集 U 中各因子有不同的侧重, 需要对每个因子赋不同的权重, 它可表示为 U 上的一个模糊子集 $A = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$, $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$, 式中 A 代表权重, α_i 代表评价因子的权重值。

(4) U, V, R 构成了一个模糊评价模型. 根据模糊集理论的综合评定概念, 若已知因子集内诸因子的隶属度矩阵 R 以及因子集的权重 A , 则综合评定结果 B 可以由公式 $B = A \times R$ 计算得出.

2 模糊综合评判计算步骤与评判

首先运用栅格数据处理方法对工作区进行剖分, 每个单元面积为 $2 \text{ km} \times 2 \text{ km}$. 新宾县共剖分为 1108 个单元格. 然后按单元格对滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝各灾种进行单元易发程度评价, 并将各单元各灾种灾害数字化结果进行叠加分析. 单元信息叠加满足公

式 $G = G_{滑} \cup G_{崩} \cup G_{泥} \cup G_{塌} \cup G_{裂}$, 式中 U 代表将滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝各灾种的易发程度进行叠加, 即当有两种以上为地质灾害高易发区重叠时, 则为高易发区. G 代表叠加结果. 单元易发程度评价采用模糊综合评价方法进行^①. 具体步骤如下:

(1) 参评因子选择: 在评价因子的选取时, 既要考虑各参评因子易于定量化, 更要考虑所选因素必须具有反映地质环境特征的代表性及区域范围内的系统性. 通过定性分析和类比的方法, 在控制环境地质条件因素中, 选取各地质灾害类型的评价因子. 以滑坡地质灾害为例, 其影响因子如表 1 所示^[2].

表 1 滑坡易发程度分区影响因子分级表

Table 1 Grading of impact factors for easy-happening degree of landslide

| 因子名称 | 高易发 | 中易发 | 低易发 | 不易发 |
|-------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 地质灾害现状 | 灾害点密集 | 灾害点较密集 | 灾害点稀疏 | 无灾害点 |
| 地形地貌 | 地形陡峭 | 地形坡度在 $32 \sim 25^\circ$ | 坡度在 $25 \sim 15^\circ$ | 坡度 $< 15^\circ$ |
| 岩石结构 | 松散破碎 | 较破碎 | 节理发育 | 硬岩 |
| 河沟纵坡度 | $> 12^\circ$ | $12 \sim 6^\circ$ | $6 \sim 3^\circ$ | $< 3^\circ$ |
| 植被覆盖率 / % | < 10 | $10 \sim 30$ | $30 \sim 60$ | > 60 |
| 松散物平均厚度 / m | > 2 | $1 \sim 2$ | $0.5 \sim 1$ | < 0.5 |
| 降雨 | 汛期暴雨, $> 200 \text{ mm}$ | 相对集中, $150 \sim 200 \text{ mm}$ | 汛期雨量不集中, $100 \sim 150 \text{ mm}$ | 汛期雨量偏少, $< 100 \text{ mm}$ |
| 结构面 | 极其发育 | 较发育 | 发育 | 不发育 |
| 评判分值(A) | 4 | 3 | 2 | 1 |

(2) 参评因子的量化处理: 按地质灾害易发区划分为高易发区、中易发区、低易发区、不易发区. 将各评价因子进行量化. 以滑坡地质灾害为例, 各因子量化标准所示如表 1 所示.

(3) 确定各灾种各参评因子隶属度: 根据模糊集理论, 各参评因子的实际值对各级地质灾害易发程度的隶属程度用隶属度 $u(x)$ 来刻画 (隶属度越大, 隶属资格越高), 隶属度用隶属函数表示^[3]. 隶属函数选用线性隶属函数, 计算公式如下:

$$\begin{aligned}
 u_1(x) &= \begin{cases} 1 & x \leq C_{1j} \\ (C_{2j}-x)/(C_{2j}-C_{1j}) & C_{1j} < x < C_{2j} \\ 0 & x \geq C_{2j} \end{cases} \\
 u_2(x) &= \begin{cases} 0 & x \geq C_{1j} \text{ 或 } x \leq C_{3j} \\ (x-C_{1j})/(C_{2j}-C_{1j}) & C_{1j} < x < C_{2j} \\ (C_{3j}-x)/(C_{3j}-C_{2j}) & C_{2j} < x < C_{3j} \end{cases} \\
 u_3(x) &= \begin{cases} 0 & x \leq C_{2j} \text{ 或 } x \geq C_{4j} \\ (x-C_{2j})/(C_{3j}-C_{2j}) & C_{2j} < x < C_{3j} \\ (C_{4j}-x)/(C_{4j}-C_{3j}) & C_{3j} < x < C_{4j} \end{cases} \\
 u_4(x) &= \begin{cases} 0 & x \leq C_{3j} \\ (x-C_{3j})/(C_{4j}-C_{3j}) & C_{3j} < x < C_{4j} \\ 1 & x \geq C_{4j} \end{cases}
 \end{aligned}$$

式中 x 为各参评因子的实际值, C_{ij} 为分级标准 ($i=1, 2, 3, 4; j=1, 2, \dots$); i 代表分级数, j 代表参评因子, $u_1(x), u_2(x), u_3(x), u_4(x)$ 代表 x 项评价因子属于 1、2、3、4 级地质灾害易发程度分级隶属度.

(4) 确定各灾种各参评因子隶属度的模糊矩阵 R_1, R_2, R_3 .

(5) 确定各灾种各参评因子的权重: 把各评价因子对地质灾害形成作用的大小两两比较打分, 然后把各因子的总得分进行归一化处理, 得到各灾种各参评因子的权重 (α_i), 并得到权重矩阵 α . 例如滑坡参评因子权重矩阵为:

$$\alpha_1 = (0.1, 0.15, 0.1, 0.1, 0.15, 0.15, 0.15, 0.1)$$

(6) 确定各评价单元易发程度级别: 根据确定各评价单元各灾种的隶属度矩阵 R , 按最大接近度原则来判定各评价单元各灾种的易发程度等级. $R = (R_1, R_2, R_3, R_4)$. 最后将各单元各灾种灾害数字化结果进行叠加分析, 确定各评价单元易发程度综合评判值 W . 按照细则规定: 当综合评判值 $W > 3.5$ 时, 灾害点为高易发区, 用 A 表示. 当 W 为 $2.5 \sim 3.5$ 时, 灾害点为中易发区, 用 B 表示. 当 W 为 $1.5 \sim 2.5$ 时, 灾害点为低易发区, 用 C 表示. 当 $W < 1.5$ 时, 灾害点为不易发区, 用 D 表示.

① 庄晓梅, 刘建业. 辽宁省新宾满族自治县地质灾害调查与区域设计. 2004.

为完成以上各单元易发程度模糊数学综合评价,本文应用 Visual BASIC 软件编写的计算程序进行计算,分为 2 个模块:数据输入和修改及结果计算和输出^[3]。

(7) 单元易发程度评价结果. 根据以上评价方法,得出以下结论:高易发区为 169 个单元,中易发区为 361 个单元,低易发区为 275 个单元,不易发区为 349 个单元. 最后应用 Sufer 7.0 软件生成等值线,经过计算机处理生成等值线大于或等于 3.5 的区域为地质灾害高易发区;等值线在 3.5~2.5 之间的区域为地质灾害中易发区;等值线在 2.5~1.5 之间的区域为地质灾害低易发区;等值线小于 1.5 的区域为地质灾害不易发区. 然后把面积小的并到较大的区中. 对同等级地质灾害级别的界线,根据地层岩性、地质构造、地形地貌、人类工程活动特征等致灾地质环境条件,将网格法的分界线进行修正,编制了新宾县地质灾害易发程度分区图. 将计算结果与实际已发生地质灾害的评价单元对比,地质灾害发生频率与易发程度相一致. 评价结论对地质灾害的防治有一定的指导作用^[4,5]。

3 结 语

地质灾害的产生是自然及人为两方面的多个因素综合作用形成的,不同灾种的影响因素不同,因此给地质灾害易发程度评价带来了模糊性和复杂性. 本文提出了应用模糊综合评判法分灾种进行地质灾害易发程度综合评价,最后将各单元各灾种的灾害数字化结果进行叠加分析^[6],确定了各单元的地质灾害易发程度,解决了评价中遇到的模糊性和复杂性问题. 该评价方法是一种较为合理的综合评价方法^[7]。

参考文献:

- [1] 黄秀凤. 模糊数学在地质灾害易发程度分区评价中的应用[J]. 南方国土资源, 2004, 11: 95—98.
- [2] 汪培庄, 韩立岩. 应用模糊数学[M]. 北京: 北京经济学院出版社, 1989.
- [3] 陈情来. 模糊综合评判地质灾害的危险性[J]. 油气储备, 2000, 19(5): 38—43.
- [4] 霍张丽, 梁收运. 模糊数学方法在滑坡稳定性评价中的应用[J]. 西北地震学报, 2007, 29(1): 35—39.
- [5] 鲁光银. 地质灾害综合评估与区划模型[J]. 中南大学学报, 2005, 36(5): 878—879.
- [6] 王光谦. 基于模糊数学的广东沿海陆地地质环境区划[J]. 地理学与国土研究, 2000, 16(4): 42—44.

APPLICATION OF FUZZY COMPREHENSIVE EVALUATION IN THE GRADING OF GEOLOGICAL HAZARD IN XINBIN COUNTY, LIAONING PROVINCE

CHEN Guo-jun, FENG Ling

(Liaoning Institute of Mineral Resources Exploration, Shenyang 110032, China)

Abstract: With the study on the development of geologic hazards in Xinbin County, Liaoning Province, the natural and artificial factors that affect the happening and developing of geologic hazards in the area are analyzed. Applying fuzzy comprehensive evaluation method, the easy-happening degree of five types of geologic hazards, such as mudflow, collapse, landslide, ground breakdown and ground crack, are divided and assessed by grid splitting. The digitalized results are superimposed and analyzed with the software Visual BASIC, and then assessed and graded for each unit. Finally the easy-happening areas of geologic hazards in Xinbin are divided and assessed with Sufer 7.0.

Key words: fuzzy comprehensive evaluation; geologic hazard; superimposing analysis; assessment; Xinbin County of Liaoning Province

作者简介: 陈国钧(1958—),男,工程师,1984年毕业于辽宁省地质矿产局职工大学水文地质工程地质专业,主要从事地质灾害评价与治理工作. 通信地址: 辽宁省沈阳市皇姑区北陵大街 29 号, E-mail://cgj0929@126.com