

Kriging 法在区域滑坡危险性评价中的应用

朱吉祥, 张礼中, 周小元, 王 乾, 霍志斌, 陆 琰, 石 磊
(中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 石家庄 050803)

摘要: 区域滑坡危险性评价是进行区域滑坡风险性研究的基础。由于滑坡演变机制的复杂性, 使得目前基于独立分析各因素对滑坡影响的“白箱”型评价模式具有一定风险性, 同时这类评价方法要求对滑坡演变和研究区地质地理背景进行非常细致的监测和调查。为了克服这些问题, 文章提出了一种基于 Kriging 插值理论的“黑箱”型评价方法。在利用该方法对历史滑坡点的规模进行评价的基础上, 利用 Kriging 插值法获取研究区的滑坡危险性区划, 并以四川省苍溪县为例, 验证了运用该方法进行区域滑坡危险性评价的可行性。

关键词: GIS; 滑坡; 危险性评价; Kriging 法; 四川苍溪

中图分类号: P642. 21

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2012)03-0114-06

目前滑坡危险性评价的普遍思路是利用监测资料分析各评价指标对滑坡演变和发生的重要程度, 进而确定各指标在整个评价体系中的相对权重, 运用合适的模型或方法综合分析所有评价指标对滑坡的综合影响, 从而达到区划或预测的目的^[1]。这是一种典型的“白箱”式评价方法。但由于滑坡具有十分复杂的演变机制, 因此运用这类评价方法会遇到以下两个问题: (1) 在评价指标的确立过程中, 忽略了次要信息对滑坡的影响, 可能导致评价结果不够精细; (2) 忽略了影响因素间的相关性, 影响因素对滑坡的综合影响不是简单的叠加关系, 可能存在协同、拮抗、伴生等复杂的关系。目前常用的评价模型主要有以下三种: ① 主因决定型; ② 主因突出型; ③ 加权平均型。这些线性的评价模型与滑坡的非线性演变机制存在“不兼容”性的问题。

Kriging 插值理论是地统计学的主要内容之一, 是一种在有限区域内对变量的取值进行无偏、最优估计的方法, 已经在众多领域内取得了成熟的应用, 主要包括高程的获取^[2], 降水等值线或等温线的提取^[3~4], 土壤含水量或某元素的空间分布^[5~7], 含水层特征^[8~9]的获取, 地质体建模^[10]等。Kriging 插值法在地质灾害

评价中的应用主要是进行岩溶塌陷的空间分布特征研究^[11]。本文以滑坡点的规模作为评价对象, 利用 Kriging 插值法获取研究区的滑坡危险性区划, 不仅可以有效避免考虑各类滑坡危险性信息的影响, 和各影响因素之间的相关性, 而且还具有操作简单的特点。

1 基于 Kriging 插值理论的滑坡危险性评价方法

1.1 Kriging 插值理论^[12]

Kriging 法通过引入变异函数分析变量的空间变化特征, 即变量的相关性和随机性。它利用样本数据和变异函数的结果特征, 对未知区进行估计插值, 从而生成一个预测表面。Kriging 插值法的通用公式如下:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad (1)$$

式中: $Z(s_i)$ ——第 i 个位置的样本点的值;

λ_i ——第 i 个位置上的样本点的权重;

N ——样本点的数目;

$\hat{Z}(s_0)$ ——预测点第 s_0 个位置上的值, 未知。

1.1.1 Kriging 插值法的基本原理

(1) 随机过程的自相关性

随机过程意味着所有的事件都是相互联系和制约的, 而不是独立的。在地统计学中, 研究区内滑坡的发生都是随机过程的结果, 滑坡的发生是相互关联的, 这种关联性就是时空领域的自相关。

(2) 平稳性假设

平稳性假设是为了获取用于估值的相关规则的规律而进行的假设, 可以用它进行预测和估计结果的不

收稿日期: 2011-06-11; 修订日期: 2011-09-05

基金项目: 科研业务费项目“基于 GIS 的区域滑坡快速评价技术研究(SK07027)”；国土资源部百名优秀青年科技人才计划资助(B07001)

作者简介: 朱吉祥(1987-), 男, 硕士, 研究方向为水文地质和工程地质调查信息化。

通讯作者: 张礼中, E-mail: zhanglizhong1015@126.com

确定性。常用的有两类平稳性:一类是均值平稳,它假设均值样本数据的均值不变而且与空间位置无关,由于这类平稳性假设条件太苛刻,在地学领域很难有符合这类假设的情况出现;另一类是与协方差函数密切相关的二阶平稳和半变异函数相关的内蕴平稳。

1.1.2 变异函数的理论模型

变异函数是地统计学中最重要的工具。区域化变量 $Z(x)$ 在点 x_i 和 $x_i + h$ 处的值 $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i + h)$ 的差的方差一般定义为区域化变量 $Z(x)$ 的变异函数,记为 $\gamma(x_i, h)$ 。

$$\begin{aligned}\gamma(x_i, h) &= \frac{1}{2} \text{Var}[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \\ &= \frac{1}{2} E[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 - \\ &\quad \frac{1}{2} \{E[Z(x_i)] - E[Z(x_i + h)]\}^2 \quad (2)\end{aligned}$$

式中: E ——数学期望。

在平稳性假设条件下,对任意 h 有 $E[Z(x_i + h)] = E[Z(x_i)]$,且变异函数 $\gamma(x_i, h)$ 仅依赖于 h 而与位置 x_i 无关,因此 $\gamma(x_i, h)$ 可以改写为 $\gamma(h)$,于是上式变为:

$$\begin{aligned}\gamma(h) &= \frac{1}{2} E[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \\ &= \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (3)\end{aligned}$$

式中: h ——两样本空间距离;

$N(h)$ ——样本总数。

由于变异函数 $\gamma(h)$ 是未知的,需要运用一定量的样本数据进行估计,根据不同的 h 值计算出一系列 $\gamma(h)$ 的值。因此,必须用一个理论模型去拟合这些数据。球状模型是地统计学中使用最广的理论模型^[13],其公式为:

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] & 0 < h \leq a \\ C_0 + C & h > a \end{cases}$$

式中: C_0 ——块金常数;

$C_0 + C$ ——基台值;

C ——偏基台值;

a ——变程。

1.2 应用 Kriging 法进行评价的依据

任何研究区的地质地理环境都是一个开放的系统,其中的地层岩性、地形地貌、地质构造等滑坡的影响因素通过相互作用,形成对系统演变的综合影响,这种综合影响最极端和直观的结果就是滑坡的发生。因

此通过对滑坡体进行分析,可以获取研究区内关于地质地理条件的相关信息,这类信息是针对研究区内可能发生滑坡的危险区划。滑坡的规模,即体积、面积、位移等作为滑坡最重要的性质,其大小必然是由所处的地质地理背景决定。应用 Kriging 法进行评价是一种典型的“黑箱”式评价方法,它认为地质灾害是一个开放系统,但是它不考虑系统内部的作用机制,只考虑由这种综合作用产生的结果,滑坡的规模就是由各地质地理影响因素综合作用产生的结果。然而,地层岩性、地质构造、地形地貌在空间上都具备一定的形态,各滑坡的影响因素在空间上一般具有渐变式的特征,例如坡度的渐变式变化,地层岩性的过渡等,因此各影响因素在局部范围内必然保持一定的相关性,通过对某一特定地区的某些地质地理特征进行分析,利用正确的渐变规律可以推测出相邻地区的一些地质地理的相关特征。因此,区域滑坡的危险性研究满足 Kriging 法的自相关性假设与平稳性假设,这是应用 Kriging 法进行区域滑坡危险性评价的依据。利用 Kriging 理论进行区划滑坡危险性评价的基本假设为:

(1) 滑坡的发生是由一系列的影响因素和条件共同作用的结果,缺少任何一个因素或条件,滑坡都不可能发生;

(2) 这种作用的方式是非线性的,评价模型的建立只是对这种非线性的作用方式进行拟合;

(3) 滑坡危险性的分布规律蕴含在监测数据当中,其危险性评价只是对这种分布规律进行有效的挖掘。

利用 Kriging 插值法对滑坡进行危险性评价的步骤如下:

(1) 对每一个已经发生的滑坡的规模进行量化评价,评价的结果称为历史规模指数(A)。以滑坡的面积(S)、体积(V)和位移(L)作为评价指标,首先分别对各指标进行标准化处理,再利用式(5)获取历史规模指数:

$$A = \sqrt{S' + V' + L'} \quad (5)$$

式中: S' ——标准化处理后滑坡的面积;

V' ——标准化处理后滑坡的体积;

L' ——标准化处理后滑坡的位移。

(2) 对获取的历史危险性 A 进行标准化处理;

(3) 根据标准化后历史危险性 A 的分布规律,选取合适的 Kriging 插值模型进行分析,获取研究区滑坡危险性评价结果;

(4) 对评价结果进行有效性验证。

2 应用实例

本文以四川省苍溪县内的 333 个滑坡作为样本数据,对该方法进行验证分析。

2.1 研究区概况

苍溪县位于四川省盆地北部, $105^{\circ}43'30'' \sim 106^{\circ}27'56''E$, $31^{\circ}37'3'' \sim 32^{\circ}10'18''N$, 面积 $2\,331\text{ km}^2$ 。区内总体地势北高南低,最高点为北部九龙山主峰,高程 $1\,377.5\text{ m}$,最低点为嘉陵江的出口八庙乡涧溪口,海拔 353 m ,高差 $1\,024.2\text{ m}$;区内为川北低山深丘地貌。苍溪县属亚热带湿润性季风气候区,雨量充沛,根据苍溪县气象站观测资料,年均降雨量 $1\,046.7\text{ mm}$,年降雨量

随海拔增加而增加,北部山区地势较高,年平均降雨量在 $1\,100 \sim 1\,300\text{ mm}$ 之间,东部低山区多在 $900 \sim 1\,200\text{ mm}$ 之间,西南部深丘地区在 $800 \sim 1\,100\text{ mm}$ 之间。苍溪县河流属长江流域嘉陵江水系,县境嘉陵江、东河为主要河流,有插江、深沟河、严家河等 12 条较大支流九曲回肠结成河网,水系非常发育。苍溪县境在大地构造单元上属扬子准台之川中台坳。属新华夏系第三沉降带四川盆地之川西褶皱带和米仓山褶皱带,区内构造应力较弱,主要由宽缓的背斜和向斜构成,断层不发育。区内岩性主要以砂岩为主,只在局部区域分布少量的泥岩,岩性比较单一,砂岩约占全县面积的 98% (图 1)。

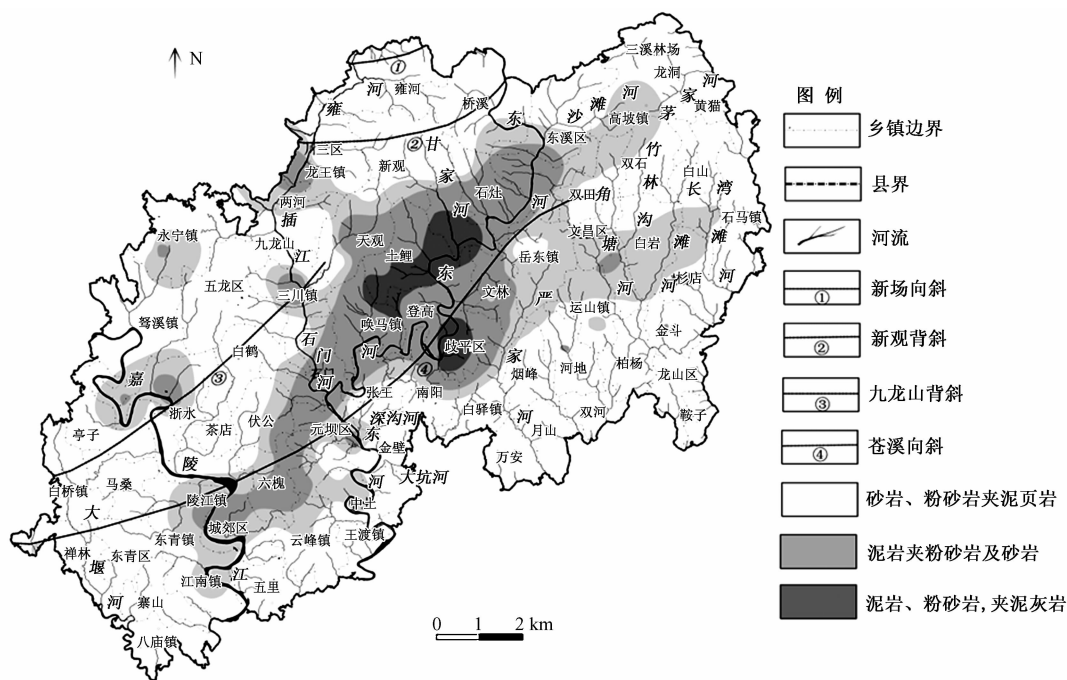


图 1 苍溪县基本岩性、水系、褶皱分布图

Fig. 1 Distribution of the lithology, river system and folds in Cangxi County

2.2 Kriging 插值法在苍溪县滑坡危险性中的应用

2.2.1 试验滑坡点和验证点的选取

由于 Kriging 插值法一般不能少于 100 个样本点,本次试验选取其中的 235 个滑坡作为试验对象,余下的 98 个滑坡作为对试验结果的验证对象。为了使本次的试验结果更具代表性,本文首先对研究区进行网格化,然后在每个网格中按照大约 2:1 的比例随机选取试验对象和验证对象,具体见图 2。

2.2.2 滑坡历史规模指数

滑坡发生的规模由滑坡本身的体积、面积与位移表征,利用式(5)获取滑坡历史规模指数。由于滑坡发生的规模是由所处的地质与环境背景决定,因此滑

坡历史规模指数的大小反映了滑坡发生所处的地质环境背景的脆弱程度。限于篇幅的原因,本文只列举了其中的 20 个,见表 1。

2.2.3 Kriging 法获取研究区滑坡危险性评价结果

运用 Kriging 法对历史规模指数进行插值处理,可以获取研究区的滑坡危险性区划成果。本次试验选取泛 Kriging 法对其进行插值处理,变异函数采用地学领域最为常用的球状模型。评价结果见图 2。

苍溪县地层以软弱的砂岩为主,这就决定了滑坡在该区域内多发性和均匀性的分布特点,虽然局部分布着更加软弱的泥岩和页岩,但并不能改变滑坡在该区域的发育特点,因此,研究区内的岩性不能决定滑坡

表 1 部分滑坡监测数据及其历史规模指数
Table 1 Monitoring data and their historical size index of part of landslides

ID	面积 (万 m ²)	体积 (万 m ³)	位移 (m)	标准化 位移	标准化 面积	标准化 体积	历史规 模指数
1	1.95	29.3	15	0.189 2	0.020 6	0.022 1	0.191 6
2	0.245	14.7	6	0.027 02	0.001 7	0.000 7	0.027
3	2.4	24.0	10	0.099 1	0.025 6	0.018	0.103 9
4	1.25	12.5	10	0.099 1	0.012 8	0.009 2	0.100 3
5	12.75	11.475	8.5	0.072 1	0.140 8	0.008 4	0.158 3
6	1.5	15	10	0.099 1	0.015 6	0.011 1	0.100 9
7	4.5	45	10	0.099 1	0.049	0.034 2	0.115 7
8	16.5	247.5	15	0.189 1	0.182 5	0.19	0.324 3
9	2.4	48	20	0.279 3	0.025 6	0.036 5	0.282 8
10	0.525	3.15	6	0.027	0.004 8	0.002	0.027 5
11	36	540	15	0.606 3	0.189 2	0.399 4	0.415 1
12	0.54	2.7	5.5	0.018	0.004 9	0.001 6	0.018 8
13	24	720	30	0.459 5	0.265 9	0.553 6	0.767
14	1.8	18	8	0.063 1	0.019	0.013 4	0.067 2
15	2.94	58.8	20	0.279 3	0.0316	0.044 8	0.284 6
16	0.475	2.375	6	0.027	0.004 2	0.001 4	0.027 4
17	0.475	2.375	5.5	0.018	0.004 2	0.001 4	0.018 6
18	0.26	2.08	6.5	0.036	0.001 8	0.001 1	0.036 1
19	0.24	1.44	4.5	0	0.001 6	0.000 6	0.001 7
20	0.595	5.95	7.5	0.054 1	0.005 6	0.004 1	0.054 5

在该区域内危险性等级的差别,但却从整体上提高了研究区内滑坡的危险程度。从苍溪县滑坡危险性区划图中可以看出,滑坡在研究区的中部的危险性要明显

高于周围地区,决定这一分布特点最主要的原因就是河流在该区域内沿东北至西南方向非常发育,由于研究区内降水比较丰富,使得河流对流经的基岩冲刷非常严重,造成了该区域内的山体非常陡峭,在山底部甚至会出现前缘凌空的现象,山体由于自身的重力,在外界诱发因素下极易产生滑坡;虽然水系的存在会降低评价结果的精度,但是由于在该区域内发生的滑坡相对更加密集一些,监测数据也相对丰富一些,因此体现的滑坡危险性分区信息也就更加细致,水系对滑坡危险性分区的影响得以体现在最后的评价结果当中。

2.3 结果的正确性检验

为了验证上述结果的正确性,本次试验随机选取研究区内 98 个滑坡作为验证对象,其分布如图 2 所示。利用信息熵法作为对本次试验结果的验证规则,信息熵理论是 Claude E. Shannon 于 1948 年提出的,主要是指在某一事件中某一特定信息出现的概率。因此它的本质还是一种数理统计方法,公式如下:

$$SH = -K \sum_{i=1}^m P_i \log_a P_i \tag{6}$$

式中:SH——某一特定信息*i*的熵值,SH 越大,表明该信息*i*对事件的影响越不明显;
m——事件中所有的信息的数量;
P_i——信息*i*在事件中出现的概率;

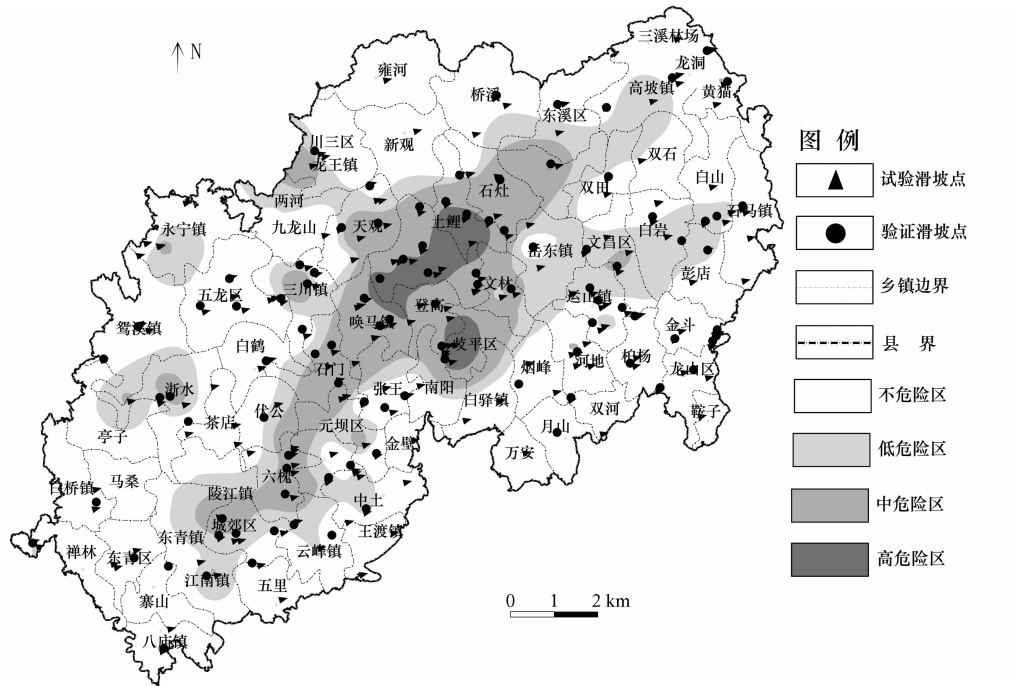


图 2 苍溪县滑坡危险性区划与滑坡点分布图
Fig. 2 Zonation of landslide hazard and distribution of historical landslides in Cangxi County

K ——常数。

滑坡危险性评价一般采用如下表达式:

$$I(x_i, H) = \ln \frac{p(x_i | H)}{p(x_i)} \quad (7)$$

式中: $I(x_i, H)$ ——危险性等级 x_i 为滑坡事件 H 提供的信息量;

$p(x_i)$ ——研究区内出现危险性等级 x_i 的概率;

$p(x_i | H)$ ——研究区内滑坡事件 H 发生在危险性等级 x_i 中的概率, 是一个条件概率。

$I(x_i, H)$ 越大, 表明危险性等级 x_i 对滑坡发生的贡献就越大, 及在该等级范围内发生滑坡的概率越大。利用式(7), 最终获取各危险性等级下滑坡的信息熵值大小(表2)。

表2 不同滑坡危险性等级熵值统计

Table 2 Entropy statistics of different landslide hazard levels

滑坡危险性等级	高危险区	中危险区	低危险区	不危险区
滑坡个数(个)	6	26	17	49
面积	59.39	338.34	470.37	1 463.23
熵值	0.876 9	0.603 3	-0.1511	-0.227 4

结果表明, 熵值由大到小依次为高、中、低与不危险区, 其中前二者为正, 后二者为负。根据熵值理论, 在一次事件当中某一个因素的熵值越大, 表明该因素对事件的贡献越大, 因此在预测相同的事件发生之时, 如果该因素越大, 表明事件发生的可能性也就越大; 同时熵值为正表示该因素有利于事件的发生, 为负表示该因素不利于事件的发生。滑坡高易发区的熵值最大, 为0.876 9, 说明在该易发区未来发生的可能性最大, 其次依次为中、低与不危险区; 其次滑坡高、中危险区的熵值为正, 低、不危险区的熵值为负, 说明在高、中危险区中有利于滑坡的发生, 相反在低、不危险区中不利于滑坡的发生。验证完全符合模型的试验结果, 证明了基于 Kriging 插值获取的研究区滑坡危险性评价结果的正确性。

3 讨论

(1) Kriging 法的精度很大程度上得益于样本数据的数量和精度, 但是由于伴生的滑坡往往在规模上要远小于主滑坡, 如果不对其进行处理, 可能会产生局部的“圈闭”现象, 因此在进行评价时, 对这些伴生的地质灾害应当采取舍去或是将其作为主滑坡的一部分进行处理, 本文选择了第二个处理方式。

(2) 在运用 Kriging 法时, 要求样本点尽可能均匀

分布在研究区域内, 但已经发生的滑坡点的位置是固定的, 受不同影响因素的不均质性的影响, 可能使得滑坡在空间区域上分布不均匀。研究发现, Kriging 法比较适合滑坡影响因素在空间上变化缓慢的情形, 比如岩性、植被、地形和降水等; 但是如果存在空间变化十分剧烈的因素对滑坡有显著影响, 例如断层、水系等, 利用 Kriging 法进行评价的精度会有所降低。

4 结论

在分析传统“白箱”式评价方法的缺点的基础上, 提出了基于 Kriging 理论的“黑箱”式区域滑坡灾害评价方法。通过对 Kriging 理论的相关假设条件与区域滑坡区划规律进行比较性分析, 结果表明, 利用 Kriging 法进行区域滑坡危险性评价符合 Kriging 理论的假设条件。

以苍溪县滑坡危险性区划为例, 对利用 Kriging 方法进行区域滑坡危险性区划进行了详细的阐述, 获取了研究区滑坡危险性区划结果, 同时以研究区 98 个滑坡作为验证对象, 采用信息熵理论对区划结果进行了验证, 证明了评价结果的正确性。

参考文献:

- [1] 唐亚明, 张茂省, 李林, 等. 滑坡易发性危险性风险评价例析[J]. 水文地质工程地质, 2011, 38(2): 125-129. [TANG Y M, ZHANG M S, LI L, et al. Discrimination to the landslide susceptibility, hazard and risk assessment[J]. Hydrogeology & engineering geology, 2011, 38(2): 125-129. (in Chinese)]
- [2] 李明, 高星伟, 文汉江, 等. Kriging 方法在 GPS 水准拟合中的应用[J]. 测绘科学, 2009, 34(1): 106-107. [LI M, GAO X W, WEN H J, et al. High resolution images change detection based on region feature[J]. Science of Surveying and Mapping, 2009, 34(1): 106-107. (in Chinese)]
- [3] Carrera-Hernández J J, Gaskin S J. Spatio temporal analysis of daily precipitation and temperature in the Basin of Mexico[J]. Journal of hydrology, 2007, 336: 231-249.
- [4] 卢燕宇, 吴必文, 田红, 等. 基于 Kriging 插值的 1961~2005 年淮河流域降水时空演变特征分析[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(5): 567-573. [LU Y Y, WU B W, TIAN H, et al. Spatial and temporal variability characteristics of precipitation in Huai River Basin during 1961-2005[J]. 2011, 20(5): 567-573. (in Chinese)]
- [5] XIE Y F, CHEN T B, LEI M, et al. Spatial

- distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: Accuracy and uncertainty analysis[J]. *Chemosphere*, 2011, 82: 468 – 476.
- [6] 杨卫中, 王一鸣, 李保国. 土壤含水量空间变异性的频域分析方法[J]. *水利学报*, 2011, 42(5): 580 – 587. [YANG W Z, WANG Y M, LI B G. Frequency – domain analysis of spatial variability of soil properties[J]. *Shui li xue bao*, 2011, 42(5): 580 – 587. (in Chinese)]
- [7] 朱红霞, 陈效民, 杜臻杰. 基于地统计学的土壤氮素与 pH 的空间变异性研究[J]. *土壤通报*, 2010, 41(5): 1086 – 1090. [ZHU H X, CHEN X M, TU Z J. Spatial Variability of Soil Nitrogen and pH Assessed by the Method of Geostatistics[J]. *Chinese journal of soil science*, 2010, 41(5): 1086 – 1090. (in Chinese)]
- [8] Martine Rivest, Denis Marcotte, Philippe Pasquier. Hydraulic head field estimation using kriging with an external drift: A way to consider conceptual model information[J]. *Journal of hydrology*, 2008, 361: 349 – 361.
- [9] 刘玲玲, 吴剑锋, 吴吉春. 不同地质统计方法在确定渗透系数场中的对比研究[J]. *水文地质工程地质*, 2009, 36(5): 66 – 71. [LIU L L, WU J F, WU J C. A comparative study of four geostatistical methods for identifying the hydraulic conductivity fields based on test data[J]. *Hydrogeology & engineering geology*, 2009, 36(5): 66 – 71. (in Chinese)]
- [10] 王长虹, 朱合华. 多重分形与 Kriging 插值在地层模型生成中的应用[J]. *岩土力学*, 2011, 32(6): 1864 – 1870. [WANG C H, ZHU H H. Application of multifractal and Kriging interpolation to reconstruction of stratum[J]. *Rock and soil mechanics*, 2011, 32(6): 1864 – 1870. (in Chinese)]
- [11] 梁双华, 汪云甲, 周跃进. 基于指示克里格法的复杂岩溶塌陷区空间分布特征研究[J]. *测绘科学*, 2011, 36(3): 88 – 90. [LIANG S H, WANG Y J, ZHOU Y J. Application of indicator Kriging methods in spatial distribution characteristics of Complex Karst area[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2011, 36(3): 88 – 90. (in Chinese)]
- [12] 赵其国, 史学正. 土壤资源概论[M]. 北京: 科学出版社, 2007. [ZHAO Q G, SHI X Z. Introduction of soil resource[M], Beijing: Science Press, 2007. (in Chinese)]
- [13] 仇圣华, 杨林德, 陈岗. 地质统计学理论在岩体参数求解中的应用[J]. *岩石力学与工程学报*, 2005, 24(9): 1545 – 1548. [QIU S H, YANG L D, CHEN G. Application of Geostatistics in Determining Rock Mass Parameters [J]. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, 2005, 24(9): 1545 – 1548. (in Chinese)]

Application of Kriging to the assessment of regional landslide hazards

ZHU Ji-xiang, ZHANG Li-zhong, ZHOU Xiao-yuan, WANG Qian, HUO Zhi-bin, LU Yan, SHI Lei
(*Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, CAGS, Shijiazhuang 050803, China*)

Abstract: The assessment of regional geological hazards is the basis of the study landslide hazard. The research results can provide foundation for planning of land and resources, selection of important project sites, governance, monitoring and forecast of geological disasters, development of contingency measures for disaster, and environmental protection. Because of the complexity of the slidelide mechanism, the current “White Box” assessment mode which is based on independent analysis of the factors on the impact of landslides own certain risk at the same time, and this type of evaluation approaches requires a very detailed monitoring and investigation for the landslide evolution and the geological and geographical background of the study area. In this paper a “black box” type evaluation approach is proposed based on the Kriging interpolation theory. The landslide hazard zonation of the study area can be obtained by applying the Kriging to interpolating the scale of the historical landslides. Taking the Cangxi County of Sichuan Province as an example, the feasibility of Kriging interpolation theory in regional landslide hazard assessment is verified.

Key words: GIS; landslide; hazard assessment; Kriging interpolation; Cangxi

责任编辑: 汪美华