

文章编号: 1007-4619 (2003) 02-0086-07

基于栅格 GIS 滑坡风险评价方法 中格网大小选取分析

李 军, 周成虎

(中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要: 以地理信息系统(GIS)作为工具和研究手段的滑坡风险评价方法已得到了普遍的认可和使用, 较为成熟的方法是基于栅格 GIS 的滑坡风险评价方法, 即将滑坡风险评价中考虑的各种因子归一化处理后转换成相同空间分辨率的定量数据, 然后根据特定模型进行数据运算, 最后得到风险评价结果图。但在风险评价过程中存在这样的问题: 对于已经量化的各影响因子, 采用什么样的空间分辨率来栅格化这些因子数据才比较合适。该文以基于地形的香港大屿山滑坡风险评价为例, 分析了影响空间分辨率选择的因子, 并给出了影响因子空间分辨率确定的经验公式。

关键词: 滑坡风险评价; 格网大小; 栅格地理信息系统; 香港大屿山

中图分类号: P208 **文献标识码:** A

1 引 言

依据过去及现在发生的滑坡推测未来滑坡的状况, 是滑坡风险评价中经常用到的方法, 许多学者依据该规则对滑坡风险评价做了许多尝试^[1-3], 并取得了一些成功的经验。基于一定的滑坡风险评价模型, 根据滑坡潜在区域的各种环境要素空间分布, 可以区划出某区域内相对容易出现滑坡的区域(易损性区域)。目前, 滑坡易损性或滑坡风险区划的技术和模型, 大致可以归为滑坡编目方法、推理模型^[4,5]、统计模型^[6-9], 以及确定性模型方法^[10-12]。其中, 确定性模型要求输入的数据十分精细, 故适宜评价小流域内的滑坡风险状况^[12]。

地理信息系统(GIS)在滑坡风险评价中应用已开展了多年尝试, 也取得了一些经验^[13-15]。借助于其强大的空间数据管理和空间分析功能, GIS已被诸多学者^[3,4,8,16]成功地用于确定性模型和统计模型的滑坡易损性制图和滑坡风险评价。易损性是从坡体本身而言, 风险是相对于受灾体而言的, 两者所描述的内涵是一致的。但 GIS 在滑坡风险评价中

的应用仍有很大的局限性, 如最小适宜尺度问题, 时间特征在 GIS 中的处理与表现也没有很好的方法。避开 GIS 在滑坡研究中的问题, 对于较为成熟的栅格 GIS 在风险评价中的应用也存在诸多的问题, 在基于特定大小格网的评价方法中, 格网大小的确定尚没有确定的标准。本文以香港大屿山为例, 分析了格网大小对滑坡风险评价结果的影响, 并给出了在其他因素确定的前提下, 计算格网大小的经验公式。

2 滑坡风险评价方法

通过香港大屿山滑坡与环境因子之间关系的分析知道, 地形要素对自然滑坡的出现起着控制作用。为了确定风险评价中合适格网单元, 基于同一种滑坡风险评价模型, 分别采用 5m×5m, 10m×10m, 20m×20m, 40m×40m 和 80m×80m 大小格网计算风险区。

2.1 研究区分析

大屿山是香港地区西南部的一个岛屿, 面积约

收稿日期: 2001-07-30; 修订日期: 2001-09-07

基金项目: 该研究得到国家自然科学基金项目“地理信息系统支持下的暴雨滑坡灾害动态风险评价”的资助, 项目编号为 49971065。

作者简介: 李军(1968—), 男, 河北大名县人, 中国科学院地理科学与资源研究所副研究员。1998年在中国科学院地理研究所获地图学与地理信息系统专业博士学位, 主要研究内容有: 地学数据应用基础研究、地理信息系统应用基础研究、滑坡风险评价等。已发表相关的学术论文 20 多篇。Email: lij@reis.ac.cn; lij@igsnr.ac.cn

为 140km², 是香港地区最大的岛屿(不包括新机场部分)。该岛屿地形起伏较大, 多数地区地形坡度在 20°—40° 之间, 地表与海平面的倾角均在 30° 以上^[17], 高程从 0—920m, 相对高差较大。该岛屿年平均降水量约为 2300mm, 年内常受台风和强降水的袭击, 进而出现滑坡。1993 年 11 月 4—5 日的暴雨中, 大屿山北部的东涌地区的最大降水高达 700mm, 在此次暴雨中大屿山地区出现了 800 多处各种规模的滑坡, 通过解译 1829m 航高的航空相片, 香港土力工程处(GEO) 标识出了暴雨中出现的自然滑坡的位置(图版 I 图 1)。

2.2 滑坡风险评价方法

大屿山滑坡风险评价过程涉及几个步骤: (1) 地质、地形及地貌等要素的选取及根据要求进行属性重分类; (2) 要素统计分析, 以确定滑坡频度与各滑坡影响要素不同属性类别间的关系; (3) 计算各要素中各个类别对滑坡的贡献率; (4) 计算各参数对滑坡的权重; (5) 基于 GIS 的空间分析模型获得风险评价图。

一些专家^[12, 18—20] 就滑坡发生及影响因子之间的关系作过研究和尝试。本研究通过对大屿山地区过去发生的滑坡与环境因子之间统计关系的分析, 选取高程、坡度、坡向、地层、植被及到河流的距离等 6 个要素为滑坡发生的主要影响因子。

传统的双要素的相关统计分析往往依赖于一定条件独立假设, 即影响滑坡的各因子是独立对滑坡出现可能性其作用, 依此为基础的风险评价结果有时会出现不真实性^[10], 1992 年 Hudson 提出的相互作用矩阵方法建立了一种新的权重体系^[21], 其中考虑了各要素之间的相互影响。同时, 在同一要素中不同类型区域出现滑坡频率的高低也不尽相同, 频率的高低可以理解为该类特征区对滑坡出现频率的影响程度。该值可以由公式(1)来计算, 并由此计算要素内分级权重(表 1)。

$$R_j = D_j / \max(D_i, I=1, \dots, n) \quad (1)$$

其中: R_j 是赋予第 j 类的分值; D_j 是第 j 类的滑坡密度; N 是指定参数的类别总数; \max 是最大值。

各滑坡影响因子之间的相互作用可以通过矩阵方式估算, 基于 Hudson 的打分体系, 可以计算出各因子的权重值。之后, 利用 GIS 的空间叠加分析功能, 可以计算出每个格网区域内对滑坡发生的贡献分值, 采用的计算公式如下:

$$S_n = \sum_{i=1}^n W_i \times V_i \quad (2)$$

其中: S_n 为每一格网上滑坡发生贡献分值; W_i 为第 i 个参数的权重值(见表 1); V_i 为第 i 个参数各类别的对滑坡发生的贡献率分值(表 1)。

为简化计算将结果值分为 5 类, 各类的分值分别为 < 0.5 , $0.5—0.6$, $0.6—0.7$, $0.7—0.8$, ≥ 0.8 , 其对应的滑坡易损性类型分别表示为很低、低、中等、高、很高等 5 类, 这里对结果图中的细小图斑进行了处理。如图版 I 图 2 是 5m 格网下的风险评价图。

3 基于栅格 GIS 的滑坡风险评价中格网单元选取

一般地, GIS 可以分为栅格、矢量和混合 3 种数据表达类型^[22]。滑坡风险评价往往考虑多种要素的影响; 为便于空间叠加等分析, 常使用支持栅格数据结构的 GIS 软件或利用 GIS 栅格分析功能。基于栅格 GIS 的滑坡风险评价的第一步工作是确定格网单元的大小, Z. Y. Yin 和 X. Y. Zhang 在其研究项目中就格网单元的大小做过一定论述^[23, 24], 但由于研究问题的特殊性, 目前尚没有确定格网单元大小的成熟模型。

3.1 格网大小对滑坡风险评价参数的影响

格网大小对滑坡风险评价的影响是通过影响滑坡风险评价因子来实现的, 其影响在风险评价过程中逐步传递。分析每一格网大小下, 各参数中各属性类别的空间分布有相当的工作量, 所以采用各参数中各属性的面积频率来表示格网单元大小对滑坡风险评价的影响。

格网大小对高程的面积频率影响并不明显, 80m 格网大小得到的高度面积频率在 400—500m 高度带比其它格网大小下得到的面积频率高, 0—200m 高度带的面积频率比其它格网大小得到的对应值低(图版 I 图 3(a))。从数字高程模型(DEM) 获取坡度和坡向的各种算法中或多或少的都有一定的不完善性^[25]。借助于 ArcView GIS 的空间分析模块, 由大屿山 1:2 万精度等高线数据来计算其坡度和坡向等地形参数, 结果表明 80m 格网大小计算的 0—10° 坡度区域的面积频率比其它格网大小得到的对应值明显偏高, 而坡度值较大的区域的面积频率则明显偏低(图版 I 图 3(c)), 这与 Zhang 的研究结果基本吻合^[26]。

表 1 多格网大小分析中各参数的级别权重值列表
Table 1 Class rating of each parameter in multi-grid size

参 数	级 别	分 类 权 重				
		5m	10m	20m	40m	80m
坡度/(°)	0—10	0.1769	0.1686	0.1657	0.1878	0.2401
	10—20	0.1125	0.1153	0.1070	0.1091	0.1694
	20—30	0.5498	0.5498	0.4993	0.5539	0.4874
	30—40	1.0000	1.0000	0.9474	0.9664	1.0000
	40—50	0.7579	0.7543	1.0000	0.7242	0.7312
	> 50	0.7353	0.5900	0.4939	1.0000	0.4392
坡向	北(N)	0.2363	0.2508	0.2639	0.2589	0.3947
	东北(NE)	0.3650	0.3934	0.3470	0.3726	0.3171
	东(E)	0.6744	0.7011	0.6792	0.6918	0.8145
	东南(SE)	0.6892	0.7323	0.7530	0.7483	1.0000
	南(S)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9379
	西南(SW)	0.7316	0.8069	0.7525	0.7629	0.9068
	西(W)	0.6095	0.6076	0.5823	0.5811	0.6662
西北(NW)	0.3477	0.3636	0.3581	0.3836	0.3540	
高程/m	< 100	0.1617	0.1582	0.1597	0.1602	0.1651
	100—200	0.6094	0.6261	0.6019	0.5997	0.6145
	200—300	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9986
	300—400	0.9750	0.9706	0.9769	0.9304	1.0000
	400—500	0.7482	0.8027	0.7568	0.8204	0.7359
	500—600	0.2932	0.2362	0.3111	0.2705	0.3756
	600—700	0.1508	0.1519	0.1202	0.1196	0.1227
	> 700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
岩性	全新统地层(H)	0.0125	0.0126	0.0128	0.0127	0.0419
	更新统到全新统(HH)	0.2731	0.2896	0.3102	0.2992	0.3726
	更新统地层(P)	0.1725	0.1345	0.1558	0.1154	0.1558
	火山岩(V)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	沉积岩(S)	0.6155	0.5978	0.6822	0.6225	0.5706
	侵入岩(I)	0.1613	0.1696	0.1761	0.1827	0.1709
	次生侵入岩(M)	0.1402	0.1331	0.1349	0.1258	0.1345
其它岩石(O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
植被	林地	0.8389	0.8665	0.8658	0.9069	0.9304
	灌木	0.8519	0.8362	0.8362	0.8320	0.8114
	草地	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	裸地	0.6088	0.5905	0.5911	0.5722	0.5931
距离/m	< 50	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	50—100	0.8497	0.8141	0.8729	0.8320	0.8985
	100—150	0.7543	0.7185	0.7278	0.7448	0.8190
	150—200	0.5900	0.5868	0.5645	0.5454	0.4562
	> 200	0.1288	0.1183	0.1492	0.1352	0.1121

格网大小对坡向的影响与其对坡度的影响有一定的关系。显然地,北向坡度的面积频率比其它方向单元的面积频率高得多,这主要是因为,在坡向计算时,平地的坡向也归为北向。20m 格网大小得到的北、东南向坡的面积频率比其它格网大小下的对应值高(图版 I 图 3(b))。格网大小对地层和植被覆盖两要素的影响远没有对地形有关的要素那么大,只有 80m 格网大小下全新统和次成侵入岩的面积频率比其它格网大小下的对应值小(图版 I 图 3(d)),格网大小对植被覆盖影响不大,只是 80m 格网大小下裸地的面积频率比其它格网大小下的对应值稍小(图版 I 图 3(e))。格网大小对距河流距离影响最为明显,40m 格网大小下距离河流 50m 以内的区域的面积频率明显高于其它格网大小下的对应值,80m 格网大小下距离河流 50—100m 区域的面积频

率比其它格网大小下的对应值大(图版 I 图 3(f))。

由此可知,单分析格网大小对滑坡风险评价影响因子的影响并不能确定大屿山滑坡风险评价中适宜格网大小。各要素的叠加运算可能扩大或缩减格网大小对某各要素的影响程度,所以适宜格网大小的确定还应该考虑格网大小在其他方面的影响及要素间的相互作用。

3.2 基于研究区地形特征的格网大小选取

适宜格网的选取与研究区的面积、地形数据的精度、等高线数据中的高差及地貌组合环境均有一定的联系。在前面描述的滑坡风险评价方法,地形要素是最为主要的滑坡发生影响因子,坡度是影响坡地稳定的敏感参数。一般地,地形可以分为平缓、中等坡度、陡坡 3 种类型(图 4)。

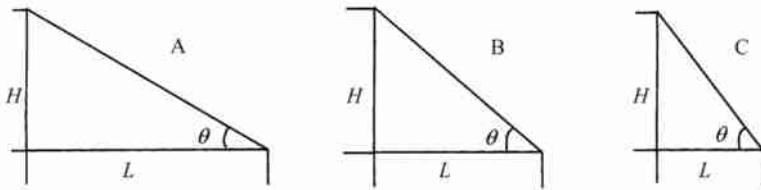


图 4 基于坡度级别的地形分类

Fig. 4 Topographical categories based on slope gradient
(其中: H 为高差, L 为最小坡度单元的水平长度, θ 为坡度角)

在 A 类地形形态中, L 远比 H 为大, 坡度角 $\leq 10^\circ$ 。最小坡体单元类似于地图学中的最小可操作几何形状单元, 如果选取的格网单元比最小坡体单元的宽度还小, 则意味着最小的坡地也被分解为几个属性值(坡度)相同的单元。此时, 合适的格网大小应 ≥ 1.5 倍高差, 如果高差为 20m, 则 DEM 中适宜的格网为 30m 或更大。在 B 类地形中, H 和 L 的长度几乎相当, 坡度角约为 45° , 故如果 H 为 20m,

那么适宜的格网为 20m。C 类地形在现实地理世界中并不会大范围存在, 其中 L 比 H 为短, 坡度角在 50° 以上, 如果高差 H 为 20m, 则适宜的格网为 10m 左右, 这种地形在大屿山的许多滑坡高发的地区有较多分布。 H 值的大小与研究区域的大小有直接关系, 就大屿山岛而言, 50% 以上的面积坡度界于 $20^\circ - 40^\circ$ (图 5), 地形数据中的高差 (H) 为 20m, 基于上述分析大屿山其适宜的格网为 20m。

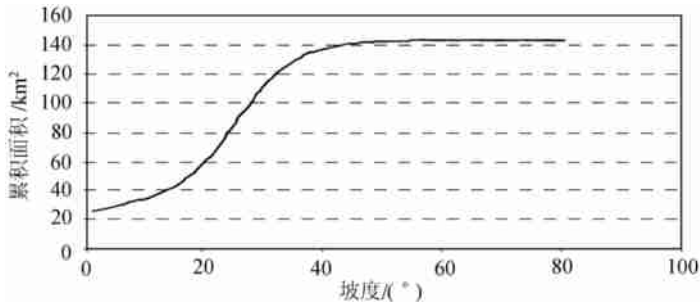


图 5 大屿山岛坡度级别分布频率

Fig. 5 Cumulative area distribution of slope for Lantau Island

栅格 GIS 中, 在进行数据的叠加分析以前, 需要对等高线数据进行插值以生成 DEM。本文中获得的

坡度 and 坡向数据过程分为两个步骤, (1) 利用不规则三角网(TIN)插值方法对等高线进行插值获得表面

值; (2) 利用 3×3 窗口采样由表面值计算坡度和坡向。在此过程中会出现一些错误(图 6), 图中 A 区域的坡度值计算为 0, 而其坡向为北向, 而实际情况是 A 区域的坡度比较和缓, 坡向也未必是北向。在这种插值和坡度坡向计算方法中, 坡度和坡向值与等高线的几何形状及高差值有直接关系, 一般情况下, 等高线的几何形状越是规则, 坡度坡向错误的几率也就越低。

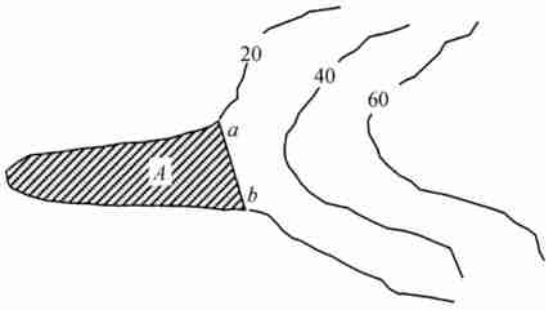


图 6 ArcView GIS 软件不规则三角网插值过程形成错误示意图

Fig 6 Errors occurred in triangle irregular network processes in ArcView GIS

采用不同大小的格网单元进行风险评价时, 各格网大小下计算出的坐落于 0° 区域的滑坡个数也存在着较大的差别(表 2), 表 2 中 TIN 表示 TIN 插值时由于算法问题导致的位于 0° 区域的滑坡个数。显然地, 位于 0° 区域滑坡个数越少说明采用的格网单元越是合适, 由此推断 20m 是该研究区域最为合适的格网大小。

表 2 多分辨率计算中位于 0° 坡度区域内滑坡的个数

Table 2 Landslide number allocated in area with 0 degree slope in multi-resolution calculation

格网大小	TIN	5m	10m	20m	40m	80m
滑坡个数	81	77	72	69	71	101

3.3 基于风险评价图可靠性的格网大小选取

作为风险评价结果的滑坡易损性地图的合理、可靠性是评价选取格网单元大小是否合适的合理标准^[27]。大屿山风险评价结果根据滑坡易发生的程度分为很低、低、中等、高、很高 5 种危险性区域。分别对 5 种格网大小下的各风险区划类型区的面积频率进行对比分析(图版 I 图 7) 发现各空间分辨率下得到的滑坡风险评价结果中各风险类别的面积频率差别不大, 80m 分辨率下风险类别中高和很高两类的面积频率较高; 对于 5m 分辨率很低和低

两种风险区的面积频率较高; 20m 格网大小风险评价结果中, 各类风险区的面积频率与各格网大小下对应的平均值较为接近。

分布于各滑坡风险评价区滑坡数量也是效验滑坡风险评价图可靠性的一个参数, 各空间分辨率下各风险区划类别下对应的滑坡个数差别不大(图 8), 20m 分辨率下各风险区划类别中滑坡的个数与对应的各格网大小下的平均值较为接近。由此, 我们认为对于大屿山的滑坡风险评价 20m 格网大小是较为合适的。

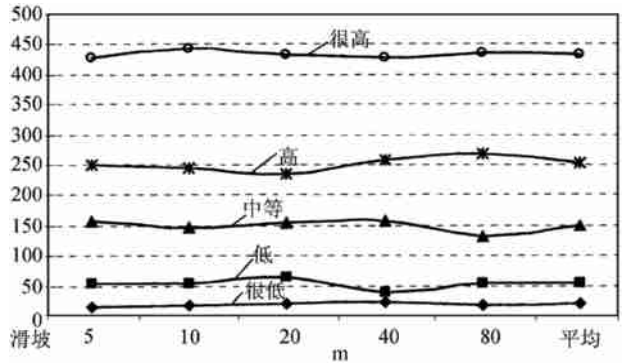


图 8 多格网大小统计分析中各类滑坡易损性区域各种滑坡事件频率

Fig 8 Landslide frequency of each susceptibility class in multi-grid size

3.4 适宜格网单元选择模型

根据前面的分析不难看出, 适宜格网单元的选取受多要素的影响(公式(3)), 但各要素对单元选取的敏感性是不相同的, 其中最为敏感的要素是地形, 这些要素对格网大小选取的影响过程仍值得深入研究。很多情况下, 格网单元大小的选取完全取决于专家知识和经验, 无论其它要素对格网大小选取影响多大, 原始数据特别是地形数据的分辨率是格网单元选取首要考虑的要素。

$$G_s = f(P, A, H, P_f, R \dots) \quad (3)$$

其中: G_s 为适宜格网大小; f 为函数相关; P 为参与滑坡风险评价原始数据的空间分辨率; A 为研究区域的总面积; H 为等高线高差; P_f 为研究区内各坡度区域面积频率; R 为项目要求精度。

事实上, 对于给定的研究区域, 计算精确的适宜格网大小是不可能的, 适宜格网单元应该是一个值域如 18—22m。对于大屿山地区来说, 其适宜的格网大小为 20m。

基于以上的讨论及一些学者的经验^[7, 23, 26, 28], 这里给出一种计算适宜格网大小的经验公式:

$$G_s = 7.49 + 0.0006S - 2.0 \times 10^{-9}S^2 + 2.9 \times 10^{-15}S^3 \quad (4)$$

其中: G_s 为适宜格网大小; S 为原始等高线数据精度的分母。

4 结论与讨论

利用公式(4)计算的大屿山滑坡风险评价适宜格网单元大小为 18.7m, 与 20m 十分接近, 说明在选择 5 种格网单元中 20m 分辨率是最为合适的一种。值得说明的是该经验公式的使用范围是数据精度在 1:500—1:1 000 000 之间, 已基本上能满足各种尺度上的滑坡风险评价的需求。当数据精度小于 1:1 000 000 时, 其对应区域的滑坡风险评价已没有太大的实际意义。栅格 GIS 中, 格网单元大小的选取时风险评价是首要工作, 这里只是根据香港大屿山地区的滑坡风险评价实例和一些专家学者的经验对适宜格网单元大小选取做了一些讨论并给出了一经验公式, 更进一步的定量化研究和分析是有必要的。

参考文献 (References)

- [1] Gupta RP, Joshi BC. Landslides Hazard Zoning Using the GIS Approach—a Case Study from the Ramnagar Catchment, Himalayas [J]. *Engineering Geology*, 1990, **28**: 119—131.
- [2] Wu W. m, Sidle RC. A Distributed Slope Stability Model for Steep Forested Basins [J]. *Water Resources Research*, 1995, **31**(8): 2097—2110.
- [3] Camara A, Cardinali M, Guzzetti F, et al., GIS-based Techniques for Mapping Landslide Hazard [A]. Carrara A, Guzzetti F. Geographical Information systems in Assessing Natural Hazards [C]. Kluwer Publications, Dordrecht, the Netherlands, 1995.
- [4] Anbalagan D. Landslide Hazard Evaluation and Zonation Mapping in Mountainous Terrain [J]. *Engineering Geology*. 1992, **32**: 269—277.
- [5] Athinson PM, Massari R. Generalized Linear Modelling of Susceptibility to Landsliding in the Central Apennines, Italy [J]. *Computer & Geosciences*, 1998, **24**(4): 373—385.
- [6] Yin K L, Yan T Z. Statistical Prediction Models for Slope Instability of Metamorphosed Rocks [A]. C Bonnard, Lausanne, Switzerland. Proceedings 5th International Symposium on landslides [C]. Vol. 2, 1269—1272, 1988.
- [7] Camra A, Cardinalim Detti R, Guzzetti F, et al. GIS Techniques and Statistical Models in Evaluating Landslide Hazard [J]. *Earth Surface Processes and Landforms*, 1991, **16**: 427—445.
- [8] Wang SQ, Unwin DJ. Modelling Landslide Distribution on Loess Soils in China: An Investigation [J]. *Int. J. Geographical Information Systems*. 1992, **6**(5): 391—405.
- [9] Chung. Application of Geographic Information Systems to landslide hazard zonation [R]. ITC Publ 15, Enschede, 1995.
- [10] Van Westen CJ, Rengers N, Terlien MU, et al. Prediction of the Occurrence of Slope Instability Phenomena Through GIS-based Hazard Zonation [C]. *Geol Rundsh* **86**: 404—414, Springer-Verlag, 1997.
- [11] Mark T. J Terlien, Cees J. Van Westen. Deterministic Modelling in GIS-based Landslide Hazard Assessment [A]. In Carrara A, Guzzetti F. Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards [C]. Kluwer Publishers, 1995.
- [12] Evans NC, Huang SW, King JP. The Natural Terrain Landslide Study Phases I and II [R]. Special Project Report, SPR5/97, GEO, Hong Kong, 1997.
- [13] Richard Dikau, Angelo Cavallin, Stefan Jager. Databases and GIS for Landslide Research in Europe [J]. *Geomorphology*, 1995, **15**: 224—239.
- [14] David N. Rowthorn Douglas Dudycha. GIS Modelling of Slope Stability in Phewa Tal Watershed, Nepal [J]. *Geomorphology*, 1998, **26**: 151—170.
- [15] Rafi Ahmad, James P. McCalpin. Landslide Susceptibility Maps for the Kingston Metropolitan Area, Jamaica with Notes on Their Use [R]. [Http://www.Oas.org/en/cdmp/document/kma/landslmp2.htm](http://www.Oas.org/en/cdmp/document/kma/landslmp2.htm), 1999.
- [16] Fernandez CI, Castillo TFD, Handouni RE, et al. Verification of Landslide Susceptibility Mapping: A Case Study [J]. *Earth Surface Processes and Landforms*, 1999, **24**: 537—544.
- [17] Brand E W. Landslides in Hong Kong during the Rainfall Event of 4—5 November 1993 [R]. *Landslide New* **8**, 1994.
- [18] Greenway DR. Vegetation and Slope Stability [A]. Anderson MG, Richards KS. Slope Stability [C]. Wiley, New York, 1987.
- [19] Gray DH, Leiser AT. Biotechnical Slope Protection and Erosion Control [M]. Van Nostrand Reinhold. New York, 1982.
- [20] Fuchu Dai, Lee C F, Sijing W. Analysis of Rainstorm-induced Slide-debris Flows on Natural Terrain of Lantau Island, Hong Kong [J]. *Engineering Geology*, 1999, **51**: 279—290.
- [21] Hudson JA, Harrison JP. A New Approach to Studying Complete Rock Engineering problems [J]. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 1992, **25**: 93—105.
- [22] Martin Breuning. Integration of Spatial Information for Geoinformation Systems [M], Springer, 1996.
- [23] Yin Zhi Yong, Wang Xin-Hao, A Cross-scale Comparison of Drainage Basin Characteristics Derived from Digital Elevation Models [J]. *Earth Surface Processes and Landform*, 1999, **24**: 557—562.
- [24] Xiao Yang Zhang, Nick A. Drake, John Wainwright et al. Comparison of Slope Estimates from Low Resolution DEMs: Scaling Issue and a Fractal Method for Their Solution [J]. *Earth Surface Processes and Landforms*, 1999, **24**: 763—779.
- [25] Andrew K Skidmore. A Comparison of Techniques for Calculating Gradient and Aspect from a Gridded Digital Elevation Model [J]. *INT. J. Geographical Information Systems*, 1989, **3**(4): 323—334.
- [26] Weihua Zhang, David R Montgomery, Digital Elevation Model Grid Size, Landscape Representation, and Hydrologic Simulations [J]. *Water Resources Research*, 1994, **30**(4): 1019—1028.
- [27] Clemente Ingaray Fernandez, Tomas Fernandez Del Castillo, Rachid

El Hamdouni *et al.*. Verification of Landslide Susceptibility Mapping: A Case Study [J] . *Earth Surface Processes and Landforms*, 1999, **24**: 537—544.

[28] Stephen J. McGregor. An Integrated Geographic Information System Approach for Modeling the Suitability of Conifer Habitat in an Alpine Environment [J] . *Geomorphology*, 1998, **21**: 265—280.

Appropriate Grid Size for Terrain Based Landslide Risk Assessment in Lantau Island, Hong Kong

LI Jun, ZHOU Cheng-hu

(*Institute of Geographic Science and Natural Resources Research, CAS, Beijing, 100101*)

Abstract: Aided by raster-based Geographical Information System (GIS) function, one method for terrain based landslide risk assessment for Lantau Island of Hong Kong was given in the paper. In this method, slope, aspect, vegetation covered, geology, elevation and distance to drainage line were considered as landslide related elements, and each element as given different weight in landslide risk assessment matrix. In raster based landslide risk assessment methodology, the grid size (pixel) selection for dataset concerned is a key task and must be solved. To find the most appropriate grid size for each elements, 5m, 10m, 20m, 40m and 80m five kinds of grid size were tested in this study. Following the state that landslide risk assessment result is the key to evaluate the appropriate grid size, landslide risk assessment parameters characteristic, risk assessment results were analyzed and compared thoroughly, 20m grid size was found the appropriate grid size for the pilot area according to most features described in the paper such as area frequency for each kind of grid size, landslide frequency under each grid size, area frequency for each class landslide susceptibility under different grid size. Generally, the appropriate grid size selection for certain cases are connected to area of pilot region, user requirement, geomorphology and topography characteristics of pilot region, and other case sensitive elements. Based on the results obtained in the pilot area, one experimental formula was given for grid size selection of landslide risk assessment.

Key words: appropriate grid size; landslide risk assessment; raster GIS; Lantau Island Hong Kong

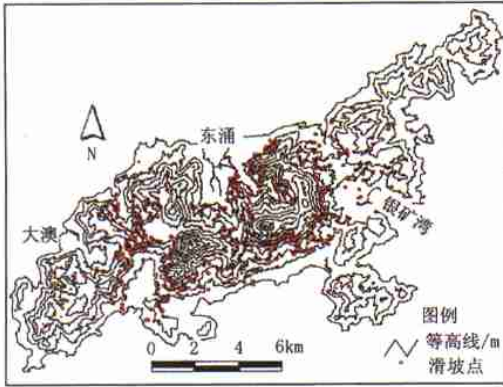


图 1 研究区内记录的滑坡空间分布

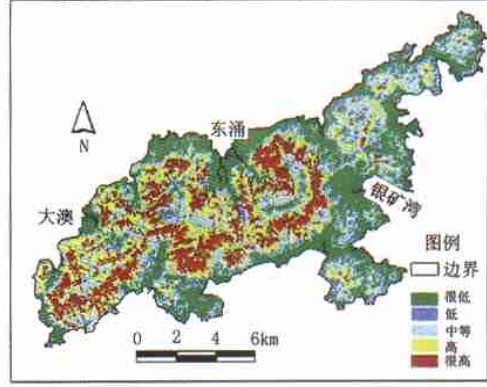


图 2 格网为 5m 的大屿山滑坡风险评价图

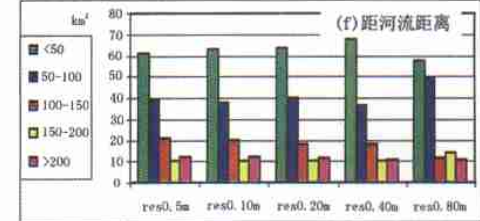
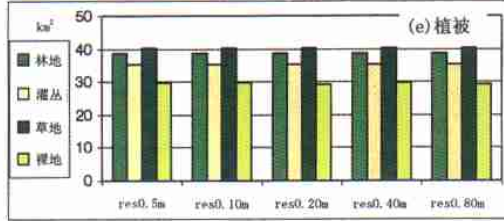
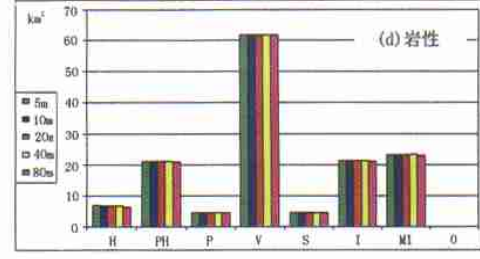
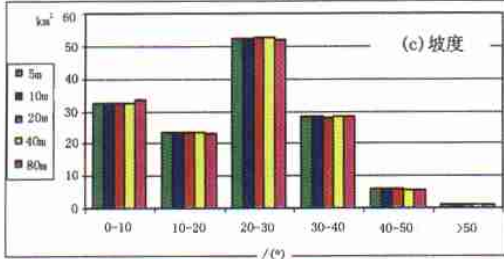
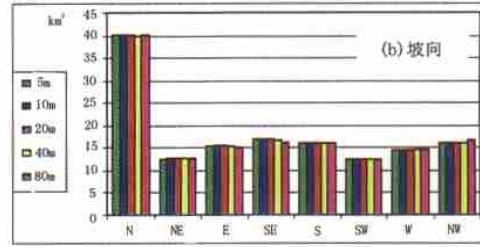
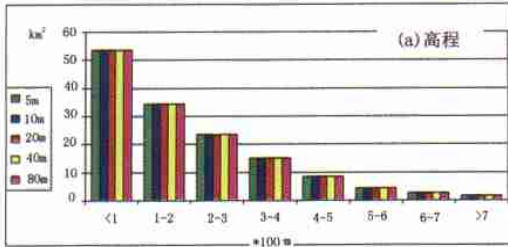


图 3 多格网大小分析中各参数的面积频率 (图中各参数含义见表 1)

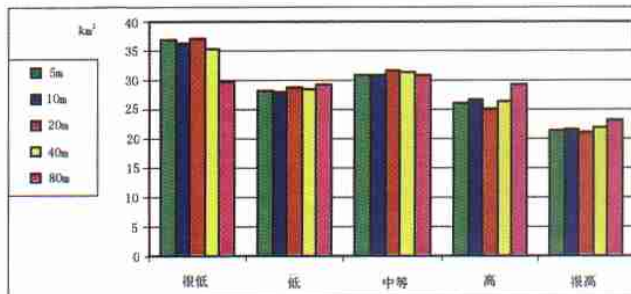


图 7 多网络大小统计分析中各类滑坡易损性区域种面积频率