

基于信息量模型的地质灾害危险性评价研究*

——以重庆市涪陵区为例

柳依莎¹, 杨华^{1,2}

(1. 重庆师范大学地理与旅游学院; 2. 重庆高校市级GIS应用研究重点实验室, 重庆400047)

摘要:以地形坡度、地层岩性、到地质断层距离、到地面水体距离、土地利用类型和到交通干线距离为评价因子,应用信息量模型,对重庆市涪陵区进行地质灾害危险性评价。将涪陵区地质灾害危险性划分为极重度危险、重度危险、中度危险、轻度危险和无危险5个等级,涪陵区地质灾害危险区主要分布在长江和乌江沿岸带、黄草山和武陵山两山生态控制区以及境内人口密集的城镇建设区,中度以上危险区域主要分布在北部沿江新妙镇、石沱镇、珍溪镇;西南坪上的北部高山区;沿乌江江南城区和白涛片区以及武陵山的南部地区等,这些沿江、沿河区域由于复杂的地质构造、地形特征以及不良的人为活动,其地质灾害的危险性明显高于地势平坦地区。

关键词:地质灾害危险性评价;信息量模型;地理信息系统;空间分析;涪陵区;重庆市

中图分类号:F301.2

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2012)04-0034-07

近几十年来,伴随自然灾害风险评价的发展,地质灾害风险评价蓬勃兴起,但迄今在理论上和实践上尚不完全成熟,未形成统一的科学体系。目前进行地质灾害评价的方法很多,除传统的成因机理分析和统计分析方法外,主要还有危险性评价、易损性评价、破坏损失评价、防治工程效益评价、风险性评价等方法。对于地质灾害的研究,不但能为减灾提供重要的基础依据,而且在土地资源的合理利用、区域地质环境的保护方面发挥着重要作用^[1-2]。

本文主要研究地质灾害的危险性评价,这主要是通过通过对地质灾害活动程度以及对地质灾害各种活动条件的综合分析,评价地质灾害活动的危险程度,确定地质灾害活动的密度、强度、发生概率以及可能造成的危害区的位置和范围^[3]。地质灾害危险性评价是在大量收集、分析、处理地质资料的基础上,运用恰当的数学评价模型,计算研究区的地质灾害危险性,然后画出相应的危险性级别,进而进行地质灾害危险性区划,为政府部门进行地质灾害的防治规划提供科学依据。

1 研究区与数据源

1.1 研究区概况

涪陵区位于四川盆地东南边缘,居重庆市及三峡库区腹地,位于乌江与长江汇合处,介于北纬 $29^{\circ}21'$ 至 $30^{\circ}01'$,东经 $106^{\circ}56'$ 至 $107^{\circ}43'$,东西宽74.5 km,南北长70.8 km,幅员面积2 941.46 km²。境内地壳稳定,地势东南高西北低,以低山丘陵为主,西北部广泛分布碎屑岩,东南部出露大片碳酸盐层,岩溶地貌突出。境内河流属长江水系,以长江、乌江为主干呈网络分布,长江由西向东横穿全区,乌江由南向北流入区境。涪陵区属中亚热带湿润季风气候,热量充足,降水丰沛,主要植被类型为亚热带常绿阔叶林,主要的地带性土壤为紫色土,此外,还广泛分布有水稻土、黄壤、黄棕壤等。

1.2 数据来源

本研究区地质灾害危险性评价所需要的数据包括:1:5万的涪陵行政区划图;分层矢量化各类地理图和地形图所得到的等高线图、道路图、河流图、

* 收稿日期:2011-10-08 网络出版时间:2012-07-04 11:15:00

资助项目:国家自然科学基金面上项目(No.40771135)

作者简介:柳依莎,女,硕士研究生,研究方向为资源遥感与GIS;通讯作者:杨华,E-mail:csyanghua@263.net

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20120704.1115.201204.34_006.html

地质断层图、地层岩性图以及历史地质灾害点分布图;通过野外实地调查和遥感分类所得到的土地利用类型图;等高线图进行 3 维分析产生的 DEM 数据以及由 DEM 数据所提取的坡度图。

2 研究方法

2.1 评价指标体系的建立

影响地质灾害的环境因素很多,气象、水文、地形地貌、地层岩性、地质构造、地震以及人类工程活动等均对地质灾害发生、发展起着一定的作用^[4-5]。其中地形地貌、地表植被、地层岩性和地质构造等是地质灾害发生的物质基础,称为基础因子。大气降

雨、地震和人类活动则为地质灾害发生的诱发因素,称为诱发因子。

基于信息量模型的特点,使用该方法对研究区进行的是相对的危险性评价,因此在选取评价因子时,对于那些在研究区域内空间分布差异不大的因素未予以考虑(如地震等因素)。涪陵区地质灾害危险性研究选取的评价因子主要包括 6 个:坡度、地层岩性、到断层距离、到地面水体距离、土地利用类型以及到交通干线距离。

2.2 评价流程

具体的评价流程图见图 1。

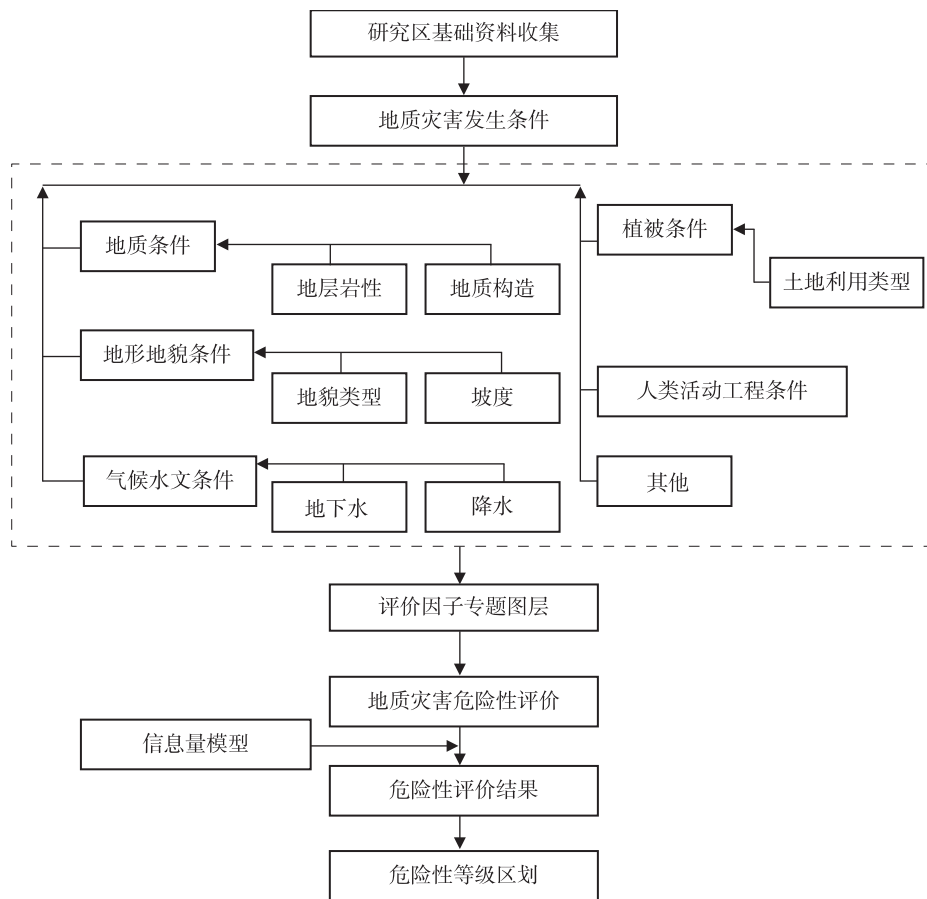


图 1 涪陵区地质灾害危险性评价流程图

Fig. 1 The chart of the evaluation process of the geological hazard of Fuling area

2.3 信息量模型

地质灾害现象(Y)受多种因素影响,各种因素所起作用的大小、性质是不同的。在不同的地质环境中,总会存在一种“最佳因素组合”,它对地质灾害发生的“贡献率”最大。因此,对于区域地质灾害要素应综合研究“最佳因素组合”,而不是停留在单个因素上。信息预测的观点认为:地质灾害的产

生与否与预测过程中所获取的信息的数量和质量有关,是用信息量来衡量的^[6]

$$I(Y, X_1, X_2, \dots, X_n) = \ln \frac{P(Y, X_1, X_2, \dots, X_n)}{P(Y)} \quad (1)$$

根据条件概率运算,上式可进一步写成

$$I(Y, X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) = I(Y, X_1) +$$

$$I_{X_1}(Y, X_2) + \dots + I_{X_1, X_2, \dots, X_{n-1}}(Y, X_n) \quad (2)$$

(1)式中, $I(Y, X_1, X_2, \dots, X_n)$ 为因素组合 X_1, X_2, \dots, X_n 对地质灾害所提供的信息量; $P(Y, X_1, X_2, \dots, X_n)$ 为因素组合 X_1, X_2, \dots, X_n 条件下地质灾害发生的概率; $I_{X_1}(Y, X_2)$ 为因素 X_2 存在时, 因素 X_2 对地质灾害提供的信息量; $P(Y)$ 为地质灾害发生概率。(2)式中, 因素组合 X_1, X_2, \dots, X_n 对地质灾害所提供的信息量等于因素 X_1 提供的信息量加上因素 X_1 确定后因素 X_2 对地质灾害提供的信息量, 直至因素 X_1, X_2, \dots, X_n 确定后, X_n 对地质灾害提供的信息量, 从而说明区域地质灾害信息预测是充分考虑组合的共同影响与作用。

本研究依据信息量模型进行地质灾害危险性评价的具体研究过程可分为 4 个步骤: 第一, 建立适合的评价指标体系; 第二, 依据评价指标体系, 分别计算各影响因子每个数据类对地质灾害发生所提供的信息量; 第三, 依据各影响因子每个数据类的信息量, 进行各影响因子等级的划分; 第四, 对划分等级后的影子因子进行综合叠加分析和重分类, 形成地质灾害危险性区划图。

对于各影响因子对地质灾害发生所提供的信息量值按如下公式计算

$$I(X_i, H) = \ln \frac{N_i/N}{S_i/S} \quad (3)$$

式中, S : 研究区总单元数; N : 研究区已发生地质灾害的单元总数; S_i : 含有 x_i 的单元个数; N_i : 含有指标 x_i 且已经发生了地质灾害的单元个数。

通过上述公式, 可得到地质灾害在各个因子图层分类中的信息量值, 即研究区地质灾害在各个评价因子图层中的分布情况。

2.4 涪陵区地质灾害危险性信息量模型评价

2.4.1 因子图层生成及重分类

1) 坡度。地形坡度是斜坡稳定性的重要影响因素, 坡度不仅影响斜坡内的应力分布, 而且对斜坡表面地表水径流、斜坡体内地下水的补给与排泄、斜坡上松散物质(风化层)的堆积厚度、植被盖度等起着决定性的控制作用, 进而控制着斜坡的稳定性, 是斜坡地质灾害(滑坡、崩塌、泥石流和不稳定斜坡)的重要控制因素^[7]。根据研究样区的地质灾害分布的区域可以看出(封二彩图 2), 地质灾害大多分布在 $8^\circ \sim 25^\circ$ 的沿江带, 因此将研究区内坡度分为 5 个级别, 分别为 $0^\circ \sim 5^\circ$ 、 $5^\circ \sim 8^\circ$ 、 $8^\circ \sim 15^\circ$ 、 $15^\circ \sim 25^\circ$ 和大于 25° 。通过对研究区 DEM 进行坡度提取得到研究区坡度空间分布栅格

图(封二彩图 3)。

2) 地层岩性。岩土体是地质灾害发生、发展的物质基础, 不同性质的岩石及其组合因其岩性组合、坚硬程度和岩体结构的差异, 地质灾害的类型及发育特征也不相同^[7]。就斜坡变形破坏而言, 地层岩性及其组合不仅控制了滑坡、崩塌的发育和分布, 同时也在很大程度上制约其活动方式及其规模。研究样区内地层岩性分布复杂, 共有 14 类, 详见研究区地层岩性空间分布栅格图(封二彩图 4)。

3) 地质构造。地质构造是地壳变化过程中的产物, 不同构造单元, 其形态特征和受力状态有所不同, 地质灾害发育程度亦不相同, 不同构造类型控制着地质灾害的分布。褶皱发育地区, 由于挤压作用使岩石裂缝发育, 岩体完整性差, 风华及溶蚀作用较强烈, 易于发生滑坡等地质灾害。断层破碎带附近, 裂隙发育, 岩体破碎, 岩石抗侵蚀、溶蚀和风化的能力大大降低, 也是地质灾害集中发育的部位^[7]。为了定量分析地质断层对地质灾害的控制作用, 本研究对地质断层做了不同距离的缓冲区分析, 得到了研究区地质断层及其距离空间分布栅格图(封二彩图 5)。

4) 地面水体。水系不仅是一个地区地表径流大小的体现, 而且也反映了该地区的沟谷密度和斜坡的相对高度^[7]。在这里选择了地质灾害到河流距离因子, 主要是根据已采集到的地质灾害到河流的距离关系来推测河流距离因子对未来地质灾害发生可能的影响。可通过对研究样区内的主要单线河及双线河图层进行不同大小的缓冲区分析, 得到研究区地表水体及其距离空间分布栅格图(封二彩图 6、7)。

5) 人类活动。人类工程活动形式多样, 对地质环境的破坏和影响也是多方面的, 常常诱发各种地质灾害。在斜坡上方大量修建建筑物、堆积气渣及筑路堆土, 使斜坡上部荷载增加; 人工开挖坡脚使斜坡下部的抗滑力降低, 从而诱发滑坡、崩塌等地质灾害。此外, 城镇建设和道路建设过程中切坡挖脚也是人工诱发滑坡的主要形式^[7]。研究样区人类活动对地质灾害的影响主要是通过土地利用类型和道路交通来反映(封二彩图 8、9)。

2.4.2 基于 GIS 的信息量法的应用

利用 Select by location 功能, 可得到各影响因子每个类别中的地质灾害分布情况, 通过(1)式计算出各影响因子每个数据类对地质灾害发生提供的信息量值, 具体计算结果如表 1~7 所示。

表 1 相对坡度的信息量

Tab. 1 The information value of the slope

坡度/°	分类值	该类面积/m ²	该类面积占研究区总面积的比例/%	该类中的地质灾害面积/m ²	该类中的地质灾害面积占总地质灾害面积的百分比/%	信息量值
0~5	1	252 779 067.13	8.58	83.67	7.19	-0.176 7
5~8	2	113 940 700.33	3.87	54.51	4.68	0.190 0
8~15	3	423 601 336.04	14.38	257.02	22.07	0.428 4
15~25	4	795 188 183.46	26.99	602.74	51.76	0.651 2
大于 25	5	1 360 490 713.04	46.18	166.52	14.3	-1.172 3
总计		2 946 000 000.00	100.00	1 164.46	100.00	

表 2 到地表河流距离的信息量

Tab. 2 The information value of the distance to the river

到地面水体距离/m	分类值	该类面积/m ²	该类面积占研究区总面积的比例/%	该类中的地质灾害面积/m ²	该类中的地质灾害面积占总地质灾害面积的百分比/%	信息量值
小于 100	1	388 462 294.86	13.19	91.52	7.86	-0.517 7
100~200	2	149 682 538.40	5.08	44.57	3.83	-0.282 4
200~300	3	134 460 977.62	4.56	64.73	5.56	0.198 3
300~400	4	168 687 853.39	5.73	108.18	9.29	0.483 2
400~500	5	127 456 208.18	4.33	47.16	4.05	-0.066 9
500~600	6	122 186 568.05	4.15	55.05	4.73	0.130 8
600~700	7	138 885 397.80	4.71	87.45	7.51	0.466 5
700~800	8	133 210 083.61	4.52	42.30	3.63	-0.219 3
800~900	9	126 277 424.49	4.29	22.58	1.94	-0.793 6
900~1 000	10	903 601 583.90	30.67	297.62	25.56	-0.182 6
大于 1 000	11	553 089 069.70	18.77	303.30	26.04	0.327 4
总计		2 946 000 000.00	100.00	1 164.46	100.00	

表 3 到湖泊距离的信息量

Tab. 3 The information value of the distance to the lake

到地面水体距离/m	分类值	该类面积/m ²	该类面积占研究区总面积的比例/%	该类中的地质灾害面积/m ²	该类中的地质灾害面积占总地质灾害面积的百分比/%	信息量值
小于 100	1	166 792 211.71	5.66	131.97	11.33	0.694 0
100~200	2	57 673 611.38	1.96	140.03	12.03	1.814 5
200~300	3	58 464 294.82	1.98	109.86	9.43	1.560 8
300~400	4	80 352 027.06	2.73	279.33	23.99	2.173 3
400~500	5	66 901 558.10	2.27	57.48	4.94	0.777 6
500~600	6	67 843 372.68	2.30	26.14	2.24	-0.026 4
600~700	7	81 868 323.41	2.78	23.90	2.05	-0.304 6
700~800	8	84 026 966.78	2.85	20.73	1.78	-0.470 7
800~900	9	83 346 785.54	2.83	7.26	0.62	-1.518 3
900~1 000	10	752 332 067.35	25.54	169.48	14.56	-0.562 0
大于 1 000	11	1 446 398 781.18	49.10	198.28	17.03	-1.058 9
总计		2 946 000 000.00	100.00	1 164.46	100.00	

表 4 地层岩性的信息量

Tab. 4 The information value of the lithology

岩土类型	分类值	该类面积/m ²	该类面积占研究区总面积的比例/%	该类中的地质灾害面积/m ²	该类中的地质灾害面积占总地质灾害面积的百分比/%	信息量值
第四系	1	263 374 671.83	8.90	278.82	23.94	0.989 5
J1z-2x	2	201 202 479.83	6.80	65.69	5.64	-0.187 0
J2s	3	661 128 964.29	22.33	285.25	24.5	0.092 7
J3p	4	375 797 341.15	12.69	30.27	2.6	-1.585 3
J3sn	5	422 803 145.92	14.28	217.87	18.71	0.270 2
P1+2	6	27 796 041.88	0.94	0	0	0
P3	7	87 490 826.19	2.96	0	0	0
S2	8	8 514 579.16	0.29	0	0	0
T1d	9	134 121 870.99	4.53	0	0	0
T1f-j	10	397 942 067.11	13.44	65.71	5.64	-0.868 4
T2b	11	207 287 844.97	7.00	34.65	2.98	-0.854 0
T2l	12	5 492 916.00	0.19	0	0	0
T3xj	13	27 513 817.28	0.93	0	0	0
Tjx	14	139 842 676.50	4.72	186.20	15.99	1.220 2
总计		2 960 309 243.10	100.00	1 164.46	100.00	

表 5 到地质断层距离的信息量

Tab. 5 The information value of the distance to the geological fault

到断层距离/m	分类值	该类面积/m ²	该类面积占研究区总面积的比例/%	该类中的地质灾害面积/m ²	该类中的地质灾害面积占总地质灾害面积的百分比/%	信息量值
0~500	1	29 254 894.36	0.99	10.30	0.88	-0.117 8
500~1 000	2	40 229 243.83	1.37	2.70	0.23	-1.784 5
1 000~1 500	3	51 173 795.33	1.74	38.90	3.34	0.652 1
1 500~2 000	4	59 075 469.14	2.01	22.87	1.96	-0.025 2
2 000~2 500	5	67 410 292.21	2.29	7.90	0.68	-1.214 2
2 500~3 000	6	78 234 880.91	2.66	14.60	1.25	0.755 2
大于 3 000	7	2 620 621 424.23	88.94	1 067.19	91.65	0.030 0
总计		2 946 000 000.00	100.00	1 164.46	100.00	

表 6 土地利用类型的信息量

Tab. 6 The information value of the land use

土地利用类型	分类值	该类面积/m ²	该类面积占研究区总面积的比例/%	该类中的地质灾害面积/m ²	该类中的地质灾害面积占总地质灾害面积的百分比/%	信息量值
耕地	1	1 641 678 829.57	55.37	786.08	67.51	0.198 2
林地	2	1 075 193 356.10	36.27	181.21	15.56	-0.846 3
草地	3	86 796 195.38	2.93	13.78	1.18	-0.909 5
水域	4	97 357 636.33	3.28	100.88	8.66	0.970 9
建设用地	5	63 789 920.52	2.15	82.51	7.09	1.193 2
总计		2 964 815 937.90	100.00	1 164.46	100.00	

表 7 到交通干线距离的信息量
Tab. 7 The information value of the distance to the traffic

到交通干线距离/m	分类值	该类面积/m ²	该类面积占研究区总面积的比例/%	该类中的地质灾害面积/m ²	该类中的地质灾害面积占总地质灾害面积的百分比/%	信息量值
小于 50	1	181 019 345.00	6.14	299.51	25.72	1.432 4
50~100	2	91 454 572.38	3.10	13.44	1.15	-0.991 6
100~150	3	105 055 711.50	3.57	54.99	4.72	0.279 2
150~200	4	86 900 333.10	2.95	97.22	8.35	1.040 5
200~250	5	108 694 734.21	3.69	15.42	1.32	-1.028 0
250~300	6	80 682 157.98	2.74	28.41	2.44	-0.116 0
300~350	7	77 773 626.87	2.64	18.03	1.55	-0.532 5
350~400	8	89 259 308.80	3.03	10.66	0.92	-1.191 9
400~450	9	81 035 464.21	2.75	15.09	1.30	-0.749 2
450~500	10	762 375 560.00	25.88	211.08	18.13	-0.355 9
大于 500	11	1 281 749 185.95	43.51	400.61	34.40	-0.234 9
总计		2 946 000 000.00	100.00	1 164.46	100.00	

2.5 地质灾害危险性区划

根据各影响因子每个类别的信息量值以及研究样区地质灾害发生的实际情况,对各个影响因子进行等级划分,即按照极重度危险、重度危险、中度危险、轻度危险、基本无危险这个分级标准对各影响因子进行分级。将分级后的各影响因子利用栅格计算器进行空间叠加和重分类后,即可得到研究区地质灾害危险性区划图(封二彩图 10)。

3 结果与分析

根据对评价因子的信息量值的计算结果以及对各因子图层叠加所得到的地质灾害危险性区划图的分析可以发现:

1)涪陵区易于地质灾害发生的影响因子条件有:第一,坡度在 8°~15°、15°~25°之间;第二,到地面水体距离在 300~400 m、600~700 m 之间;第三,地层岩性为砂岩;第四,到断层距离为 1 000~1 500 m、2 500~3 000 m 之间;第五,居民地分布密集;第六,到交通干线距离为 0~50 m、150~200 m 之间。

2)涪陵区地质灾害危险区主要分布在长江和乌江沿岸带、黄草山和武陵山两山生态控制区以及境内人口密集的城镇建设区。中度以上危险区域主要分布在北部沿江新妙镇、石沱镇、珍溪镇;西南坪上的北部高山区;沿乌江江南城区和白涛片区以及武陵山的南部地区等。这说明沿江、沿河的区域危险

性明显高于地势较平坦地区,这与该地区复杂的地质构造,高差大、坡度陡、坡面水流切割强烈的地形特征具有重要的关系;不良的人为活动(如斜坡筑物、坡顶加载、切坡占地、地下人防工事等)对地质灾害的发生影响极大,致使人口众多的居民地密集区的危险性明显高于其他地区。

3)本文在剖析研究区地质灾害发育特征的基础上,将 GIS 技术与信息量模型相结合进行地质灾害危险性评价,得到一些有益的结论。但是限于作者的水平、研究方位、数据可获得性、时间有限以及地质灾害问题的复杂性等诸多因素,本文在深度和广度方面还存在很多不足之处,没有考虑降雨、地震等因素,得出的危险性属于空间危险性,不具有时间性;本文建立的基于 GIS 的地质灾害危险性评价的技术路线和方法体系属于初级阶段的研究,可将整个评价过程模块化;没有与其他数学方法(如模糊数学综合评判法、人工神经网络)结合、比较使用,有待进一步的解决和完善。

4)为了使研究区能更好地落实防灾减灾,尽量减少地质灾害带来的损失,提出如下建议:工程建设中应避开地质灾害危险区和不稳定的斜坡地段;加强地质灾害科学宣传,提高全民防灾意识;加强对地质灾害防治工作的领导和管理;有计划地对规模大、危害大的地质灾害点进行详细的工程地质勘查,并提出综合治理方案^[8]。

参考文献:

- [1] 黄润秋,向喜琼,巨能攀.我国区域地质灾害评价的现状
及问题[J].地质通报,2004,23(11):1078-1082.
- [2] 向喜琼,黄润秋.地质灾害风险评价与风险管理[J].地
质灾害与环境保护,2000,11(1):38-41.
- [3] 黄润秋,许强,沈芳,等.给予GIS的地质灾害评价与危
险性区划系统研究[C].第三届海峡两岸三地环境灾害
研讨会论文集.台北,2001:177-182.
- [4] 马寅生,张业成,张春山,等.地质灾害风险评价的理论
与方法[J].地质力学学报,2004,10(1):7-18.
- [5] 张春山,吴满路,张业成.地质灾害风险评价方法及展望
[J].自然灾害学报,2003,12(1):96-102.
- [6] 罗元华,张梁,张业成.地质灾害风险评估方法[M].北
京:地质出版社,1998:23-28.
- [7] 刘传正,刘艳辉,温铭生,等.长江三峡库区地质灾害成
因与评价研究[M].北京:地质出版社,2007:20-25.
- [8] 殷跃平,柳源.中国地质灾害防治研究—对国际减灾十
年活动(1990—2000年)的思索[J].工程地质学报,
2000,增刊:1-10.

Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

On the Information Content Model of Geological Hazard Assessment in the Area of Fuling of Chongqing

LIU Yi-sha¹, YANG Hua^{1,2}

(1. College of Geographical Science and Tourism; 2. Key Laboratory of GIS

Application(Chongqing Municipal Education Commission), Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract: This paper uses the information model, based on several evaluation factors, such as slope, lithology, and land use, distance to surface water, geological faults, and traffic, to assess the geological hazard of the district of Fuling. The district of Fuling will be divided into five geological hazard units, include extreme severe, severe, moderate, mild and none risk. The risk areas of the geological disaster are mainly distributed in the coast belt of the Yangtze River and Wu Jiang river, the ecological control zone of the Huang Cao mountain and Wu Ling mountain and the urban construction zone of high population. The moderate risk areas including Xin Miao town, Shi Yuo town, Zhen Xi town, the north area of the westsouth of the study area, the north area of the Wu Jiang river, Bai Tao area and the north area of the Wu Ling mountain. Because of the complicated geological structure, topography and adverse human activities, the risk of geological hazard of the river belt was significantly higher than the relatively flat area.

Key words: the geological hazard assessment; the information content model; GIS; spatial analysis; Fuling area; Chongqing

(责任编辑 欧红叶)

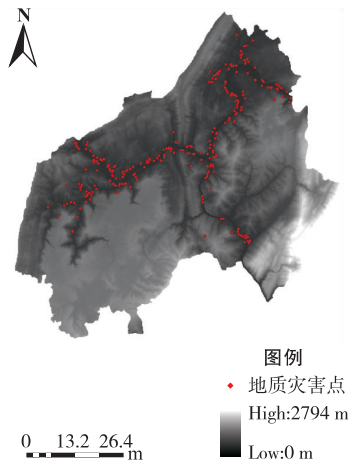


图2 地质灾害点分布图
Fig. 2 The chart of the distribution of geological hazards

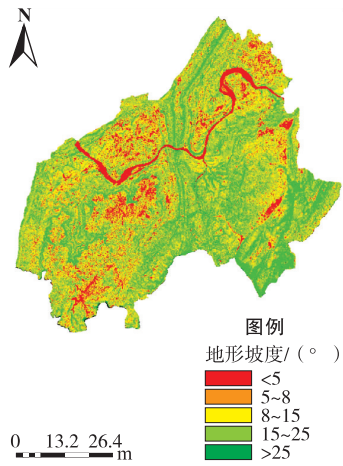


图3 坡度图
Fig. 3 The chart of the slope

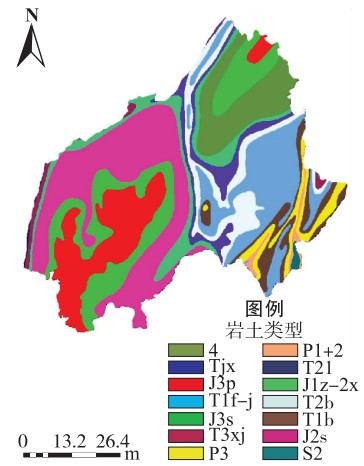


图4 地层岩性图
Fig. 4 The chart of the lithology

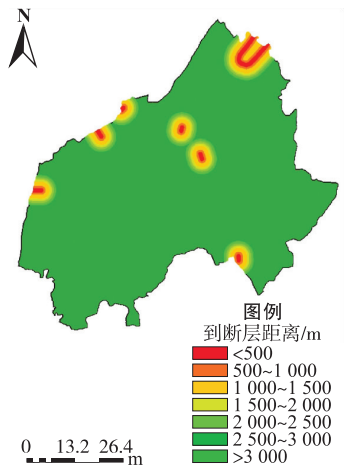


图5 地质断层图
Fig. 5 The chart of the geological fault

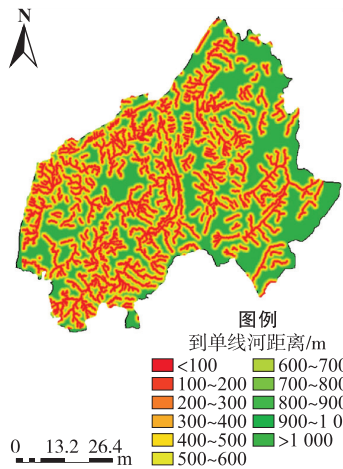


图6 河流图
Fig. 6 The chart of the river

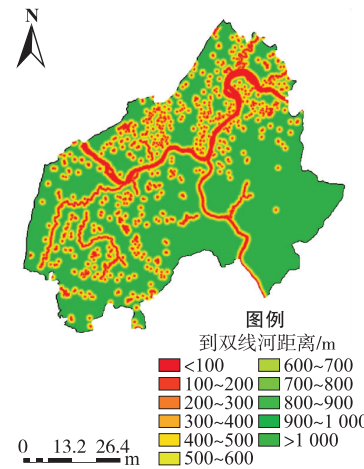


图7 湖泊图
Fig. 7 The chart of the lake

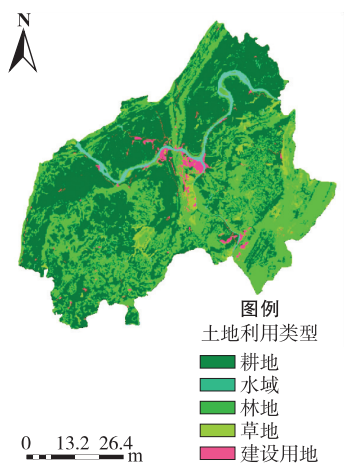


图8 土地利用类型图
Fig. 8 The chart of the land use

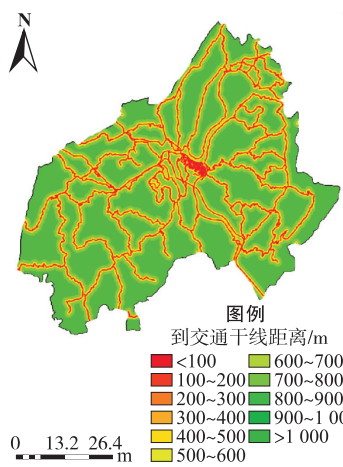


图9 交通干线图
Fig. 9 The chart of the traffic

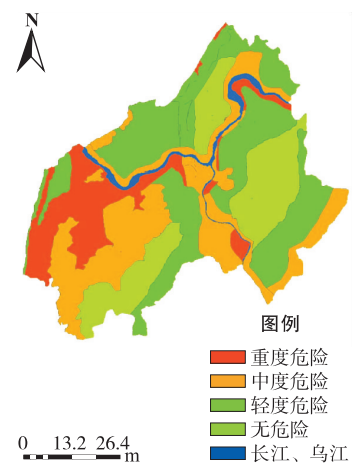


图10 地质灾害危险性区划图
Fig. 10 The chart of the zoning of the geological hazard