基于信息量法的西丰县地质灾害易发性评价

田春阳[1] 张 威[1] 张 戈[1,3] 颜秉英[2] 邹治亮[2]

(1. 辽宁师范大学城市与环境学院,辽宁 大连 116029; 2. 辽宁水文地质工程地质勘察院,辽宁 大连 116037;
3. 黑龙江科技大学,黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:地质灾害的发生不仅威胁着人类生命财产安全,也对经济发展与社会稳定产生重大影响. 本文以辽宁省西丰县下辖的西丰镇、更刻乡等12个镇、6个乡为研究区,选取坡度、坡向、地形起伏度、岩性软硬程度、距河流远近、年平均降水量、土地利用类型和距道路远近等8个指标为评价因子,基于ArcGIS平台,结合信息量模型对西丰县进行地质灾害易发性评价,得到西丰县地质灾害高易发区、中易发区、低易发区划分图,并对地质灾害的发生的原因进行分析. 结果表明:(1)高易发区主要分布在西丰县南部、东南部、东北部及河流两岸、道路沿线;中易发区和低易发区依次沿高易发区外围分布. (2)西丰县地质灾害的发育主要由坡度、岩性软硬程度影响因素控制,经降水因素诱发,受河流和道路建设所代表的人类活动的影响,并在坡向、地形起伏度、土地利用类型等多重因素的共同作用下,造成了西丰县地质灾害易发性分区的差异分布.

关键词:西丰县;地质灾害;信息量;易发性评价;ArcGIS
中图分类号:P694 **DOI**:10.19789/j.1004-9398.2020.02.008

0 引 言

地质灾害是在地球内部和外部动力(包括人为因素)共同作用和影响下,使生态环境、人类生命、物质财富受到损失的现象和事件[1]. 常见的地质灾害有地震、火山喷发、滑坡、泥石流、土地沙漠化、水土流失、地面沉降与塌陷和地裂缝等. 地质灾害的发生不仅威胁着人类生命财产安全,也对经济发展产生重大影响. 随着我国经济建设的不断发展,地质灾害的急剧增多,造成的损失将持续增加. 为了科学探究地质灾害发生机制,合理预测地质灾害发生的危险性,有效规避地质灾害发生的风险,最大程度保护人民生命财产,维护经济与社会稳定,对地质灾害进行相关研究意义重大.

20世纪80年代,GIS技术广泛应用于地质灾害中,依托GIS本身的数据处理、空间分析等功能,结合各类数学模型,目前应用较为广泛的有支持向量机模型[2]、人工神经网络模型[3]、模糊逻辑模型[4]和逻辑回归模型[5]等,或基于GIS平台开发模型,如统计分析模型[6],对地质灾害分布特征、致灾因子进行敏感性分析,并将地质灾害评价由最初的定性研究推向定量研究阶段,促使地质灾害评价越来越具有客观性[7-13]. 在众多评价模型中,信息量模型理论简单,客观性较高,实用性较强,使得信息量法在地质灾害易发性评价中能够取得比较好的评价效果,在中小比例尺区域尤为适用,且应用广泛[14-17].

西丰县地质灾害以突发性地质灾害为主,包含有崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等4种类型,灾害规模为小型. 近30年来历史灾害造成的直接经济损失822.6万元,死亡2人,现存地质灾害隐患点威胁人口321人,威胁财产1 460.5万元. 因此,本文选取信息量模型对西丰县地质灾害易发性进行评价,为西丰县今后地质灾害避险避灾乃至乡镇发展规划提供科学依据,以期有效避免地质灾害对人类生命财产与社会经济发展的威胁,最大程度降低或是避免地质灾害为西丰县带来的社会经济影响.

1 研究区概况

西丰县地处辽东山地丘陵最北端,隶属于辽宁省铁岭市,下辖西丰镇、德兴满族乡等12个镇、9个乡(图1). 地理坐标为124°16′10″~125°06′20″ E,42°22′07″~43°07′35″ N,面积约2 686 km^2. 研究区地处北中温带亚湿润大陆性季风气候区,气候温

收稿日期:2019-04-11

和,四季分明,雨量充沛,日照充足,年平均气温为 5.1℃. 多年平均降水量 743 mm,降雨全年分配不均,主要集中在 7—8 月份,地理分布上的特点是东南部地区偏多,北部地区偏少. 西丰森林面积广阔,植被覆盖率约 62%,主要植被类型包括针叶林、阔叶林和针阔混交林. 主要树种为落叶松、红松、油松、柞树、桦树、杨树和椴树等.

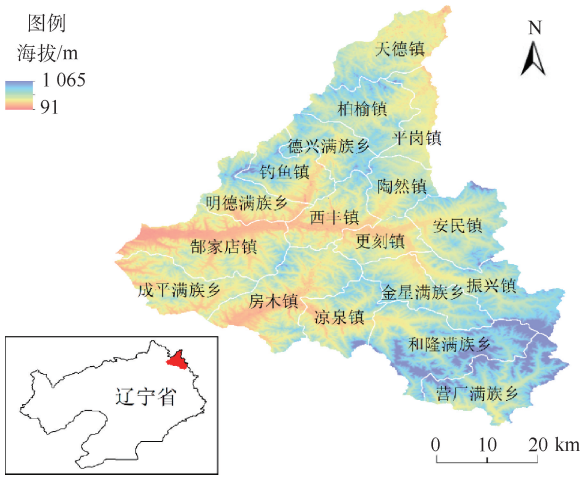


图 1　研究区位置

西丰县主要地貌类型有构造侵蚀低山和构造剥蚀低山丘陵:构造侵蚀低山区主要分布于研究区的东南部,包括营厂满族乡、和隆满族乡及金星满族乡、振兴镇的南部,其山峰海拔高度多在 500 ~ 800 m,相对高差多为 300 ~ 500 m,沟谷呈拓宽“U”型;构造剥蚀低山丘陵区包括研究区南部、西部、东北部的大部分山地,海拔高度多为 300 ~ 500 m,相对高差为 100 ~ 200 m. 沿河冲积平原及山间谷地分布在碾盘河、寇河两岸,海拔高度在 200 m 以下. 研究区构造横跨地台和地槽 2 个构造区,南部地台区内出露的地层主要为下元古界辽河群,而北部地槽出露的地层主要有中生界侏罗系、白垩系及新生界古近系、新近系和第四系等. 岩性主要为花岗岩、闪长岩、花岗闪长岩、流纹岩及少量的安山岩和角闪岩等. 西丰地质构造复杂,既有规模宏伟的北北东向构造,亦掺杂着古老的东西向构造和北东向构造以及北北西向构造形迹. 西丰县地处辽东山地丘陵最北端,为长白山山系的南延续部分. 地形起伏较大,山峰连绵,河谷较平坦,山顶呈圆顶状,地貌很大程度上受地质构造的控制,由于第四纪地壳倾斜上升,形成东南高向西北倾斜的夷平面. 坐落在东南部的冰砬山海拔 870 m,为全县最高峰;西北部的郜家店镇会文村海拔 120 m,为全县海拔最低处[18].

2　材料与方法

2.1　评价数据来源

根据野外实地调查和评价精度的要求,所使用的数据主要有数字高程模型(DEM)、地质灾害点类型、1∶10 万地形图、1∶10 万地质图、土地利用类型、年平均降水量数据以及行政区划图等多个数据集. 其中,DEM 数据为 30 m×30 m 分辨率的栅格数据,来源于地理空间数据云(http://www.gscloud.cn/)(SRTM)数据集,并由此生成坡度、坡向、地形起伏度和河网水系等相关数据;土地利用类型数据(LUCC)来源于中国科学院资源环境科学数据中心(http://www.resdc.cn/);降水数据来源于中国气象数据网(http://www.data.cma.cn/),在 ArcGIS 中对获得的离散的气象数据降水量进行插值整理,得到该地区多年平均降雨量栅格数据;地质灾害点类型主要来源于西丰县地质灾害实地调查,断裂带和地层岩性数据来源于全国地质资料馆(http://www.ngac.org.cn);其他数据包括行政区划图和道路交通分布图等.

根据野外实地调查,获得西丰县西丰镇、更刻乡等 12 个镇、6 个乡的 32 个地质灾害点数据. 基于 ArcGIS 平台,以 DEM 数据、1∶10 万地质图、降水数据、土地利用数据和西丰县道路分布为数据基础,提取坡度、坡向、地形起伏度、地层岩性、河流、土地利用类型和道路等信息,并利用西丰县周边气象站点的年平均降水量数据,插值出西丰县年平均降水量分布情况,对西丰县地质灾害进行易发性评价.

2.2　评价指标的选取

在对地质灾害易发性进行评价前,需要科学合理地选取能够充分反映研究区地质灾害发生情况的影响因子作为评价因子,以确保研究区地质灾害易发性评价结果的科学性、适用性和真实性. 地质灾害易发程度与自然地理特征、地质岩性条件和人类工程活动息息相关[19].

2.2.1　坡度

坡度在一定程度上代表斜坡的稳定性,较为平缓的山坡因其剪应力较小,发生地质灾害的概率也较小,而坡度越大,产生滑动的剪应力也随之增加,发生地质灾害的概率相应变大. 此外,坡度也在相当程度上控制着对斜坡表面松散物质的堆积厚度、

植被覆盖率等情况,因此,坡度是地质灾害评价中重要的参评因子之一. 本文借助 ArcGIS 平台,基于 DEM 数据提取西丰县坡度,并将其划分为 0 ~ 15°、>15° ~25°、>25° ~35°和 >35°共 4 级.

2.2.2 坡向

坡向影响斜坡的光照程度,对坡面的蒸发、侵蚀、风化等物理过程造成影响,致使不同坡向地质灾害的发育不同. 本文以 DEM 数据为基础,提取坡向因子,将其划分为 315° ~45°、>45° ~135°、>135° ~225°、>225° ~315°,分别代表北向、东向、南向、西向.

2.2.3 地形起伏度

通常情况下,海拔是影响地质灾害发育的主要因素之一,如若坡度条件相同,海拔越高的斜坡越易发生地质灾害[20]. 但西丰县地貌属低山丘陵,海拔为 91 ~1 065 m,整体海拔较低,难以凸显海拔高度对地质灾害发育的影响. 而地形起伏度既能代表山体相对高度,又能体现该地的地形特征,同时地形起伏度相对较小的地区更适宜人类居住,人类活动更加频繁,能够在一定程度上代表人类活动对地质灾害发育的影响,因此本文选择“地形起伏度”作为西丰县地质灾害评价因子之一. 借助 ArcGIS 平台,以 DEM 数据为基础,提取出的西丰县地形起伏度 0 ~859 m 按照陈志明和刘振东[21]分类标准(0 ~20 m 为平坦起伏、>20 ~75 m 为小起伏、>75 ~300 m 为中起伏、>300 ~600 m 为山地起伏、>600 ~1 569 m 为高山起伏),结合野外实测数据,将西丰县地形起伏度划分为 0 ~20、>20 ~75 和 >75 m,分别为平坦起伏、小起伏、较大起伏.

2.2.4 岩性软硬程度

不同岩石类型具有不同软硬程度,岩土体的抗风化能力、应力也因此不同,发生地质灾害的可能性与程度也不同. 按照西丰县地层岩性软硬程度区分标准(表 1),将西丰县岩性划分为坚硬、坚硬半坚硬和软 3 个等级.

表 1 西丰县地层岩性软硬程度区分标准

软硬程度	工程地质岩组名称	代号	分布层位	岩性	结构	构造	分布
坚硬	坚硬块状花岗岩组	γ	—	花岗岩、花岗斑岩花岗闪长岩、流纹岩	中粗粒	块状	北部、南部
	坚硬块状混合岩组	M	—	混合岩、混合花岗岩	—	块裂状	北部、南部
坚硬半坚硬	坚硬-半坚硬层状碎屑岩组	K_1qJ	泉头组(K_1q)、阜新-九佛堂组(J_3f-J_3jf)、吐呼噜组(J_3t)、金刚山组(J_3j)、义县组(J_3y)	砂岩、粉砂岩、泥岩、安山岩、安山质凝灰岩、砂页岩及煤层	中厚层、薄层	—	东部
	碎裂状软硬相间变质岩组	P + A	盖县组(Pt_1hgx)、大石桥组(Pt_1hdy)、高家峪组(Pt_1hg)、黑尔峪组(Pt_1hlr)	角闪岩、片岩、千枚岩、大理岩、变粒岩	厚层、中厚层	块状	南部
软	松散-半固结岩组	Q_3^{dl-1x}	—	亚砂土、亚黏土、砂卵砾石、多层土体	半固结	—	寇河、碾盘河及支流和冲沟
		Q_4^{al-pl}	—	亚砂土、亚黏土、砂卵砾石、双层土体	松散	—	—

注:“—”表示无数据

2.2.5 距河流远近

河流对两岸岩土的冲刷、侵蚀极易破坏斜坡稳定性,且河流两岸及其冲积洪积形成的平原适宜人类居住,人类工程活动较强,发生地质灾害的概率较大,造成更大程度的生命财产损失. 基于 DEM 数据,提取距河流 0 ~200、>200 ~500、>500 ~800和 >800 m 的缓冲区范围.

2.2.6 年均降水量

降水是地质灾害重要的诱发因素之一,降水强度越大,越容易引发地质灾害的发生. 本文收集了西丰县及其周围 15 个气象站点的多年平均降水量数据,在 ArcGIS 中通过克里金方法插值得出西丰县年平均降水量分布情况. 西丰县年平均降水量为 622.12 ~737.67 mm,根据 ArcGIS 平台重分类功能中的自然断点法将其划分为 622.12 ~656.10、>656.10 ~681. >48、681.48 ~705.04 和 >705.04 ~737.67 mm 4 个等级.

2.2.7 土地利用类型

植被能够保持水土、提高土体抗剪强度、稳定岩土结构,对坡体的稳定性有非常重要的积极作

用[22]. 通常情况下,地表植被覆盖越好,越不易于地质灾害的发生,但不同的土地利用类型及不同的植被类型对地质灾害发育具有不同的影响. 西丰县整体植被覆盖较好,土地利用类型为耕地、林地、草地、水域、建筑用地和未利用土地,其中林地覆盖面积最大,耕地次之,草地、水域与未利用土地面积较少. 结合野外考察实际情况,将西丰县土地利用类型划分为 5 级,分别为耕地、林地、草地、水域与未利用土地和建筑用地.

2.2.8　距道路远近

人类工程活动因素在很大程度上影响了地质灾害的发生概率,道路建设在施工过程中对边坡、坡脚改造与破坏,造成了该地的地质环境改变. 因此道路建设与分布能够反应人类工程活动对该地区自然与地质的改造与影响,本文以道路分布状况提取出的距离道路远近作为评价指标之一,用以代表人类工程活动对西丰县地质灾害的影响. 根据西丰县道路情况数据,运用 ArcGIS 平台的进行缓冲区分析,将距道路的远近依次划分为 0 ~ 200、> 200 ~ 500、> 500 ~ 800 和 > 800 m.

此外,断裂程度深刻影响地质区域的稳定性[23]. 西丰县断裂主要集中于研究区中部和北部,部分地质灾害点沿断裂分布,研究区南部断裂较少,且与地质灾害点空间分布关联不大. 依据西丰县1∶10 万地质图,结合 ArcGIS 的缓冲区功能,按照 0 ~ 100、> 100 ~ 300、> 300 ~ 500 和 > 500 m 的条件提取灾害点与断裂距离的信息显示,断裂带 500 m 内仅有 1 个地质灾害点分布,其余 31 个地质灾害点均分布在距断裂带 > 500 m 的范围内. 因绝大部分地质灾害点受断裂影响较弱甚至不受断裂影响,因此,本研究中未将断裂构造作为西丰县地质灾害易发性评价因子.

综合考虑,本文最终选取坡度、坡向、地形起伏度、岩性软硬程度、距河流远近、年平均降水量、土地利用类型和距道路远近 8 个指标作为评价因子,以30 m × 30 m 大小的栅格作为评价单元,对西丰县地质灾害易发性进行评价.

2.3　评价指标权重的确定

信息量法经由信息理论发展而来,是一种统计预测方法. 地质灾害的发生和演化受多种因素的控制和影响,在不同区域,各个影响因子的主控程度、影响程度都会存在差异,因此,将各影响因子作为评价因子,根据特定区域内的地质灾害发育状况及各影响因子所提供的信息量来探究该区地质灾害易发情况进行评价将更为可靠[24]. 信息量法的关键就是计算并比较各评价因子对研究区地质灾害所贡献的信息量大小,信息量值越大,说明发生地质灾害的可能性越大.

各评价因子 $x_i(i = 1,2,3,\cdots,n)$ 为地质灾害的发生 (H) 贡献的信息量为

$$I(H,x_1,x_2,x_3,\cdots,x_n) = \ln\frac{P(H,x_1,x_2,x_3,\cdots,x_n)}{P(H)}, \tag{1}$$

式中 $I(H,x_1,x_2,x_3,\cdots,x_n)$ 为因子组合 $x_1,x_2,x_3,\cdots,x_n$ 对地质灾害所提供的信息量, $P(H,x_1,x_2,x_3,\cdots,x_n)$ 为因子 $x_1,x_2,x_3,\cdots,x_n$ 组合条件下地质灾害发生的概率, $P(H)$ 为地质灾害发生的概率.

本文采用信息量的公式为

$$I(x_i,H) = \ln\frac{N_i/N}{S_i/S}, \tag{2}$$

式中 $I(x_i,H)$ 为评价因子 x_i 对研究区地质灾害所贡献的信息量, N_i 为研究区内已发生地质灾害区域中含有评价因子 x_i 的灾害数量, N 为研究区内已发生地质灾害次数, S_i 为研究区内含有评价因子 x_i 的面积, S 为研究区面积.

各评价因子信息量叠加得出研究区内评价单元总的信息量值,公式为

$$I_i = \sum_{i=1}^{n} I(x_i,H) = \sum_{i=1}^{n} \ln\frac{N_i/N}{S_i/S}, \tag{3}$$

式中 I_i 为评价单元总信息量, n 为评价因子个数.

3　结果与分析

3.1　西丰县地质灾害评价因子分级

以评价数据为基础,依托 ArcGIS 平台,生成西丰县地质灾害各评价因子分级图(图 2),其中坡度 0 ~ 15°、> 15° ~ 25°、> 25° ~ 35°和 > 35°对应的地质灾害点数分别为 2、0、2 和 28 个;坡向 315° ~ 45°、> 45° ~ 135°、> 135° ~ 225°和 > 225° ~ 315°对应地质灾害点数为 5、5、20 和 2 个;地形起伏度中平坦起伏、小起伏和较大起伏对应地质灾害点数为 6、23 和 3 个;地层岩性软硬程度中坚硬、坚硬半坚硬和软对应的地质灾害点数为 14、18 和 0 个;距河流 0 ~ 200、> 200 ~ 500、> 500 ~ 800 和 > 800 m 距离内分别对应地质灾害数量 8、10、5 和 9 个;距道路 0 ~ 200、> 200 ~ 500、> 500 ~ 800 和 > 800 m 距离内对应的地质灾害点数为 1、10、3、18 个;土地

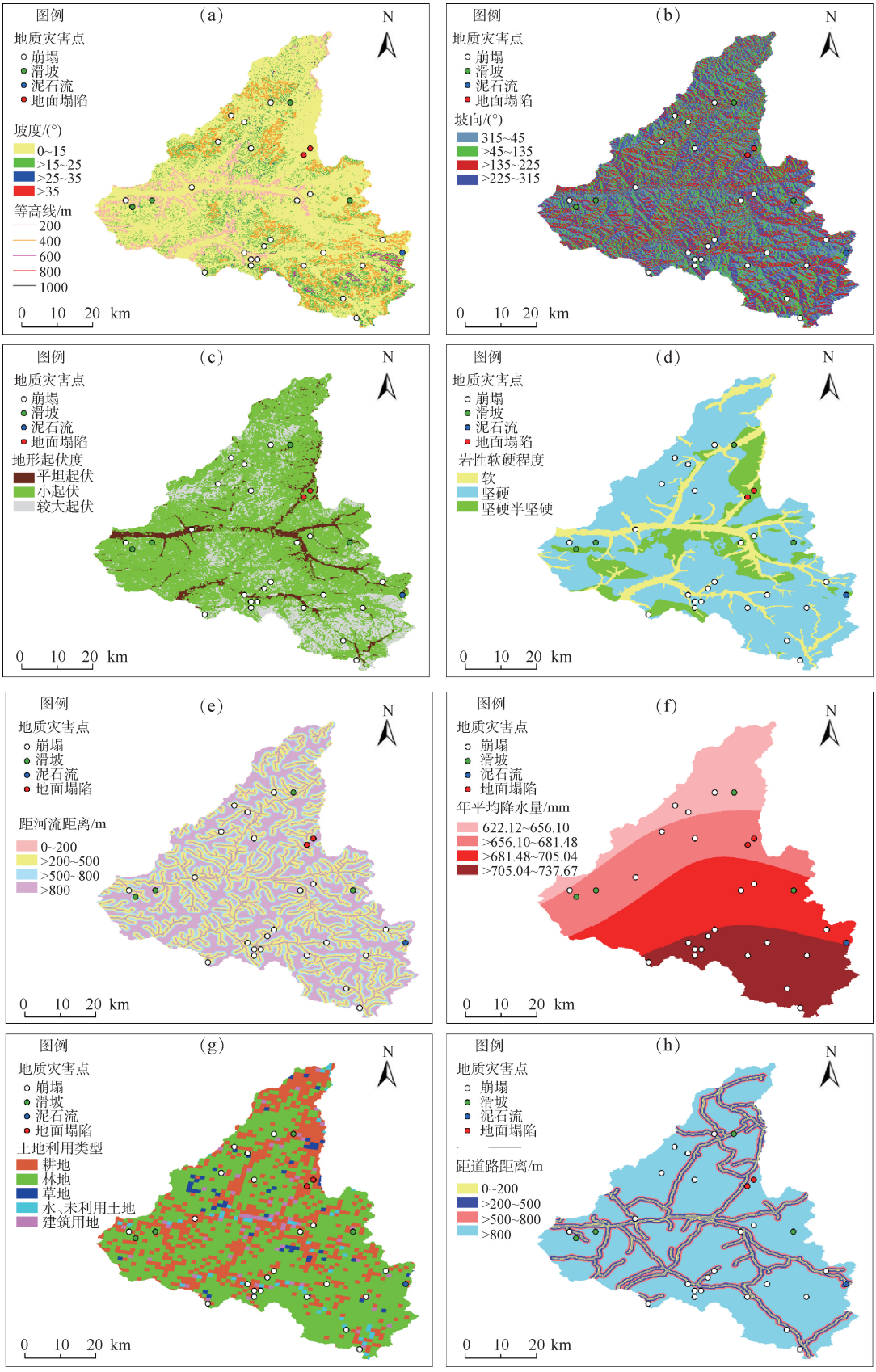


图 2　西丰县地质灾害各评价因子分级图

(a)坡度;(b)坡向;(c)地形起伏度;(d)岩性软硬程度;(e)距河流距离;

(f)年平均降水量;(g)土地利用类型;(h)距道路距离

利用类型中耕地、林地、草地、建设用地、水域和未利用土地对应的地质灾害数量为 0、32、0 和 0 个;年均降水量中 622.12 ~ 656.10、>656.10 ~ 681.48、>681.48 ~ 705.04 和 >705.04 ~ 737.67 mm 对应的地质灾害次数分别为 4、10、6 和 12 次. 地质灾害主要集中于坡度 >35°,坡向 >135° ~ 225°,小起伏地形,岩性为坚硬半坚硬,距河流 >200 ~ 500 m,距道路远近 >800 m,土地利用类型为林地,年均降水量 >705.04 ~ 737.67 mm 的分级评价因子内. 各分级评价因子对应的地质灾害点数的多少并不是最终衡量该评价因子对地质灾害易发程度贡献信息量大小的依据,还需要考虑各评价因子的面积大小.

3.2　西丰县地质灾害易发性评价

应用 ArcGIS 空间分析中的栅格叠加分析功能,将各个评价因子的信息量值进行叠加,得到总信息量值,总信息量值为 -7.043 8 ~ 10.978 2, 研究区内各评价因子信息量值见表 2. 利用 ArcGIS 平台重分类功能中的自然断点法将总信息量分为 3 类,分别为低易发区、中易发区和高易发区,得到西丰县地质灾害易发性评价分区(图 3). 高易发区[-1.185 8, 10.978 2]、中易发区[-3.141 8, -1.185 8)、低易发区[-7.043 8, -3.141 8).

(1)高易发区面积为 458.26 km^2,占研究区面积 17.69%. 高易发区在西丰县各个乡镇均有分布,

表 2　西丰县地质灾害评价因子信息量模型计算结果表

参评因子	分级	S_i/km^2	S_i/S	N_i	N_i/N	信息量值	排序
坡度/(°)	0 ~ 15	2 154.343 5	0.830 7	2	0.062 5	-2.587 1	25
	>15 ~ 25	415.220 4	0.160 1	0	0	—	—
	>25 ~ 35	22.257 9	0.008 6	2	0.062 5	1.985 4	2
	>35	1.537 2	0.000 6	28	0.875 0	7.297 2	1
坡向/(°)	315 ~ 45	672.928 2	0.259 5	5	0.156 3	-0.507 2	20
	>45 ~ 135	631.208 7	0.243 4	5	0.156 3	-0.443 2	18
	>135 ~ 225	640.053 9	0.246 8	20	0.625 0	0.929 2	6
	>225 ~ 315	649.168 2	0.250 3	2	0.062 5	-1.387 6	24
地形起伏度/m	0 ~ 20	171.350 1	0.066 1	6	0.187 5	1.043 0	4
	>20 ~ 75	1 937.946 6	0.747 3	23	0.718 8	-0.038 9	12
	>75	484.062 3	0.186 7	3	0.093 8	-0.688 6	22
岩性软硬程度	软	426.479 4	0.164 5	0	0	—	—
	坚硬	1 788.507 9	0.689 6	14	0.437 5	-0.455 1	19
	坚硬半坚硬	378.371 7	0.145 9	18	0.562 5	1.349 5	3
距河流距离/m	0 ~ 200	510.132 6	0.196 8	8	0.250 0	0.239 3	9
	>200 ~ 500	682.275 6	0.263 2	10	0.312 5	0.171 7	10
	>500 ~ 800	591.257 7	0.228 1	5	0.156 3	-0.378 3	16
	>800	808.500 6	0.311 9	9	0.281 3	-0.103 4	13
年平均降水量/mm	>621.12 ~ 656.10	479.905 2	0.185 1	4	0.125	-0.392 3	17
	>656.10 ~ 681.48	685.198 8	0.264 2	10	0.312 5	0.167 8	11
	>681.48 ~ 705.04	823.677 3	0.317 6	6	0.187 5	-0.527 0	21
	>704.04 ~ 737.67	604.577 7	0.233 1	12	0.375	0.475 3	7
土地利用类型	耕地	771.436 8	0.297 6	0	0	—	—
	林地	1 646.511 3	0.635 2	32	1	0.453 8	8
	草地	55.838 7	0.021 5	0	0	—	—
	水域、未利用土地	50.647 5	0.019 5	0	0	—	—
	建筑用地	68.990 4	0.026 6	0	0	—	—
距道路距离/m	0 ~ 200	224.676 9	0.086 7	1	0.031 3	-1.020 1	23
	>200 ~ 500	300.948 3	0.116 1	10	0.312 5	0.990 2	5
	>500 ~ 800	274.644 0	0.106 0	3	0.093 8	-0.122 4	14
	>800	1 791.897 3	0.691 3	18	0.562 5	-0.206 1	15

注:“—”代表无有效数据

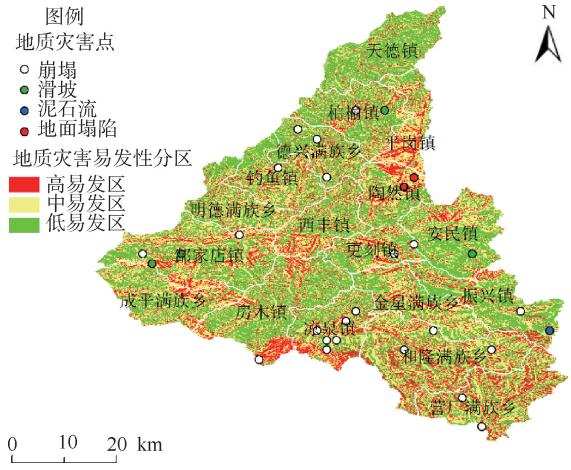


图 3　西丰县地质灾害易发性分区

主要集中分布在西丰县南部的凉泉镇、东南部的和隆满族乡、营厂满族乡及东北部的平岗镇. 鄢家店镇、西丰镇、陶然镇、平岗镇、安民镇、更刻镇、振兴镇、金星满族乡、和隆满族乡、营厂满族乡和凉泉镇等乡镇部分地质灾害高易发区呈明显的条带状,与河流和道路分布高度吻合;其他乡镇中高易发区零星散点状分布,但仍与河流和道路分布较为吻合.

(2)中易发区面积为 1 064.94 km^2,占研究区面积的 41.12%. 在各乡镇均有分布,成平满族乡、鄢家店镇、平岗镇、陶然镇、安民镇北部、金星满族乡南部、和隆乡和营厂满族乡分布较为多,主要分布于高易发区外围,距离河流、交通道路相对稍远的区域.

(3)低易发区面积为 1 066.78 km^2,占研究区面积的 41.19%. 低易发区主要分布于西丰县北部和中部,及各乡镇中距河流和道路较远的地区,其中柏榆镇、天德镇、安民镇南部、更刻镇西南部、房木镇和振兴镇低易发区面积较大.

4　讨　论

结合西丰县地质灾害评价因子信息量值(表 2)中信息量值排序,信息量值较高的前 3 位分别是坡度 >35°、坡度 25° ~35°和岩性软硬程度评价因子. 西丰县地质灾害绝大部分发生在坡度 >35°的区域,且该区域信息量值也最大,说明坡度是影响西丰县地质灾害发育的最主要因素. 岩性软硬程度信息量值排序第 3,说明岩性软硬程度对西丰县地质灾害的发生影响较大. 西丰县地质灾害高易发区的岩性主要为坚硬、坚硬半坚硬. 结合实际调查数据,岩性为坚硬半坚硬的地区主要为坚硬—半坚硬层状碎屑岩组与碎裂状软硬相间岩组,结构相较松散,物理力学强度较低,在降水等因素的影响下易于发生地质灾害;岩性坚硬的区域,岩体风化程度较强,节理裂隙发育,碎裂状边缘在降水等外界影响下较易发生地质灾害. 西丰县东南部地区地层岩性多为坚硬,岩体风化较强,节理裂隙发育,且年均降水量为 704.04 ~737.67 mm,是西丰县降水较为集中的区域,对应地质灾害点 12 个,占灾害点总数的 40%,且该区域多地质灾害高易发区分布,可见西丰县地质灾害发育受降水的诱发作用较为明显. 综上,坡度、地层岩性是西丰县地质灾害发育的主控因素,降水为诱发因素.

结合西丰县地质灾害易发性分区图、各评价因子分级图与实际调查数据,地质灾害高易发区除多发于地层岩性坚硬半坚硬,及岩性坚硬,但风化程度较高、节理裂隙较发育的区域外,还呈现出沿河流与道路分布的特征. 河流的堆积作用为地质灾害带来物源,河流的侵蚀作用引发地质灾害的发生,而河流附近又是人类的主要居所,河流两岸人类活动较为频繁,且山间河谷地形起伏较小,符合道路选线要求,因此人类工程活动更为强烈,对自然环境的影响也更为明显. 在河流的作用下,加之道路所代表的人类活动的影响,河流与道路重合分布的地区地质灾害易发性较高.

5　结　论

本文通过西丰县地质灾害野外调查,基于 ArcGIS 平台,利用信息量模型,针对西丰县地质灾害易发性评价得出以下结论:

(1)西丰县地质灾害高易发区面积为 458.26 km^2,占研究区 17.69%;中易发区中易发区面积为 1 064.94 km^2,占研究区面积 41.12%;低易发区面积为 1 066.78 km^2,占研究区面积 41.19%. 高易发区主要分布西丰县南部、东南部、东北部的岩性坚硬半坚硬或岩性坚硬但风化程度较高、节理裂隙较为发育的区域,部分乡镇的地质灾害高易发区呈明显的条带状,与河流、道路分布高度吻合;中易发区、低易发区依次沿高易发区外围分布.

(2)西丰县地质灾害发育由坡度、岩性软硬程度主控,经降水因素诱发,受河流和以道路建设所代表的人类活动的影响,并在坡向、地形起伏度、土地利用类型等多重因素的共同作用下,形成了地质灾害易发程度的差异发育与分布.

参 考 文 献

[1] 黄定华.普通地质学[M]. 北京:高等教育出版社, 2004:305.

[2] BISWAJEET P. A comparative study on the predictive ability of the decision tree, support vector machine and neuro-fuzzy models in landslide susceptibility mapping using GIS[J]. Computers & Geosciences,2013,51(2):350 – 365.

[3] BISWAJEET P, SARO L. Utilization of optical remote sensing data and GIS tools for regional landslide hazard analysis using an Artificial Neural Network Model[J]. Original Research Article Earth Science Frontiers, 2007,14(6):143 – 151.

[4] ILANLOO M. A comparative study of fuzzy logic approach for landslide susceptibility mapping using GIS: an experience of Karaj dam basin in Iran[J]. Procedia-social and Behavioral Sciences, 2011,19:668 – 676.

[5] SARO L, BISWAJEET P. Landslide hazard mapping at Selangor, Malaysia using frequency ratio and logistic regression models[J]. Landslides,2007,4(1):33 – 41.

[6] CARRARA A, CARDIANLI M, DETTI R,et al. GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard [J]. Earth Surface Processes and Landforms,1991,16(5):427 – 445.

[7] ATKINSON P M, MASSARI R. Generalised linear modelling of susceptibility to landsliding in the central Apennines, Italy[J]. Computer & Geosciences, 1998, 24(4): 373 – 385.

[8] LEE S, RYU J H, LEE M J, et al. Use of an artificial neural network for analysis of the susceptibility to landslides at Boun, Korea[J]. Environmental Geology,2004,44:820 – 833.

[9] KAVZOGLU T, SAHIN E K, COLKCSEN I. Landslide susceptibility mapping using GIS-based multi-criteria decision analysis, support vector machines, and logistic regression[J]. Landslides, 2014,11(3):425 – 439.

[10] 郑世书,孙亚军,赵林,等. GIS 在殷庄煤矿微山湖下采区工作面涌水预测中的应用[J]. 中国矿业大学学报,1994(2):48 – 56.

[11] 石菊松,张永双,董诚,等. 基于 GIS 技术的巴东新城区滑坡灾害危险性区划[J]. 地球学报,2005,2(3):275 – 282.

[12] 许强,张一凡,陈伟. 西南山区城镇地质灾害易损性评价方法:以四川省丹巴县城为例[J]. 地质通报,2010,29(5):729 – 738.

[13] 赵良军,李虎,刘玉峰,等. 新疆伊犁果子沟地质灾害风险评价及致灾因子[J]. 干旱区研究,2017,3(3):693 – 700.

[14] 高治群,薛传东,尹飞,等. 基于 GIS 的信息量法及其地质灾害易发性评价应用:以滇中晋宁县为例[J]. 地质与勘探,2010,46(6):1112 – 1118.

[15] 王宁涛,彭轲,黎清华,等. 基于 RS 和 GIS 的地质灾害易发性定量评价:以湖北省五峰县为例[J]. 地学前缘,2012,19(6):221 – 229.

[16] 吴柏清,何政伟,刘严松. 基于 GIS 的信息量法在九龙县地质灾害危险性评价中的应用[J]. 测绘科学,2008,33(4):146 – 147.

[17] 赵帅,赵洲. 基于信息量模型的地质灾害易发性评价[J]. 水力发电,2019(3):27 – 32.

[18] 邹治亮,张旭升,杨鑫鑫,等. 辽宁省西丰县地质灾害详细调查报告[R]. 大连:辽宁水文地质工程地质勘察院,2019.

[19] 饶品增,曹冉,蒋卫国. 基于地理加权回归模型的云南省地质灾害易发性评价[J]. 自然灾害学报,2017,26(2):134 – 143.

[20] 陈晓利,冉洪流,祁生文. 1976 年龙陵地震诱发滑坡的影响因子易发性分析[J]. 北京大学学报(自然科学版),2009,45(1):104 – 110.

[21] 陈志明,刘振东. 中国地貌全图研制[J]. 地图,1995(1):36 – 38.

[22] GREENWAY D R. Vegetation and slope stability[M]. New York: Wiley,1987:187 – 230.

[23] 王志旺,李端有,王湘桂. 证据权法在滑坡危险度区划研究中的应用[J]. 岩土工程学报,2007,29(8):1268 – 1273.

[24] 张晓东. 基于遥感和 GIS 的宁夏盐池县地质灾害风险评价研究[D]. 北京:中国地质大学,2018.

Evaluation of Geological Disaster Vulnerability in Xifeng County Based on Information Content Method

TIAN Chunyang[1] ZHANG Wei[1] ZHANG Ge[1,3] YAN Bingying[2] ZOU Zhiliang[2]

(1. College of Urban and Environmental, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning 116029;
2. Hydrogeological and Engineering Geological Survey Institute of Liaoning Province, Dalian Liaoning 116037;
3. Heilongjiang University of Science and Technology, Harbin Heilongjiang 150001)

Abstract: The occurrence of geological disasters not only threatens the safety of human life and property, but also has a significant effect on economic development and social stability. This paper evaluats the risk of geological hazards and analyzes the causes of its occurrence based on the selected evaluation indexes such as gradient, slope direction, relief, lithology degree of hardness and softness, distance from rivers, annual average precipitation, the types of land use and distance from roads. This paper get the Xifeng County geological disaster assessment map based on ArcGIS platform and combined with the information model. The results show that:(1) high-prone areas mainly distribute in the south, southeast and northeast of Xifeng County, as well as along the banks of rivers and roads; medium-prone areas and low-prone areas distribute along the high rock periphery in turn. (2) Xifeng County geological disaster development is mainly controlled by the influence factors of the slope, rock hard and soft degree, and affected by the precipitation and road representing human activity intensifies which is induced by the river. And the Xifeng County geological disaster degree of different distribution is mainly caused by the action of multiple factors such as land use type, the slope and the terrain fluctuation degree.

Keywords: Xifeng County; geological hazards; information quantity model; risk assessment; ArcGIS

(上接第 27 页)

Acoustic Scattering of a Movable Quasi-rigid Cylinder for Plane Wave

ZANG Yuchen[1,2]

(1. Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

Abstract: The scattering sound field of a movable infinite cylinder for plane waves was calculated theoretically, and the force on the surface of the cylinder and the directivity function of the scattering sound field were derived. Taking the polystyrene foam which can be regarded as quasi-rigid material relative to air as an example, numerical simulation was carried out based on the theoretical results. The results showed that the directivity of the scattering sound field was significantly related to the frequency of the incident sound waves. The higher the frequency, the stronger the directionality. It was quite different from the fixed cylinder at low frequencies, while tended to be consistent with each other at high frequencies. There was a peak force on the surface of the cylinder, which was significantly different from that of the fixed cylinder at the peak. The research results eliminated the limitation of the fixity of the scattering object in the traditional theory, and provided the necessary theoretical basis for the identification of moving targets and the location of the defects in practice.

Keywords: acoustic scattering; movable cylinder; force on the surface; directivity