

牛洪涛. 陕南地区土岩接触带滑坡地质灾害预测研究[J]. 灾害学, 2020, 35(1): 125–130. [NIU Hongtao. Prediction of landslide geological hazards in soil-rock contact zone in southern Shaanxi[J]. Journal of Catastrophology, 2020, 35(1): 125–130. doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2020.01.023.]

陕南地区土岩接触带滑坡地质灾害预测研究^{*}

牛洪涛

(安康学院, 陕西 安康 725000)

摘 要: 陕南地区土岩接触带滑坡地质灾害发生频繁且分布广泛, 对人们正常生活造成较大影响, 因此该文提出基于 GIS 的陕南地区土岩接触带滑坡地质灾害预测方法。通过划分研究区预测单元, 生成土岩接触带斜坡坡度分布图、岩组类型和断层分布图等基础构件, 以此建立滑坡地质灾害信息量预测模型, 结合信息量模型与 GIS 技术, 对预测出的滑坡地质灾害信息量进行分级, 从而得到预测结果, 完成陕南地区土岩接触带滑坡地质灾害预测。实例分析结果可知, 在研究区坡度在 $6^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之间时, 预测发生滑坡灾害比例较高且包括的信息量较多, 且滑坡灾害发生前 10 d 中, 第 4 d 发生降雨, 对滑坡灾害影响最大。

关键词: 陕南地区; 土岩接触带; 地质; 灾害; 预测; GIS; 信息量

中图分类号: TU475; X43; X915.5; P694 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2020)01–0125–06

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2020.01.023

陕南地区由于地质结构复杂, 且发生暴雨频率高、强度大, 在土岩接触带处常发生滑坡地质灾害。近些年随着经济的发展, 陕南地区道路交通建设项目逐渐增加^[1], 交通建设发展必然对地质环境和生态环境造成影响, 且人类工程活动的大量增加, 均会造成地质灾害频繁发生。滑坡是一种常见的地质灾害, 空间范围内形成的多种类型滑坡体大小存在较大差异, 且形成快慢也不同。但滑坡地质灾害及其影响因素均与空间位置相关^[2]。因此如何实现对滑坡地质灾害进行预测是该领域需要研究的课题。目前相关学者研究出很多成果, 孟华君等^[3]提出了地震扰动区碎石土滑坡滑动预测方法, 在对汶川地震极震区滑坡详细调查编目的基础上, 对都江堰地区 51 个不同形态地震滑坡的滑动能力影响因素进行了相关性分析, 依据相关系数的大小识别出了影响滑坡滑动能力的主要因素, 采用多元线性回归方法对主要因素进行拟合, 获得了研究区地震滑坡的滑动距离预测关系式; 陆付民等^[4]提出了基于多因子及泰勒级数的滑坡变形预测方法, 将滑坡的变形看作时间、月降雨量、气温的函数, 使用泰勒级数建立它们的函数关系, 并将泰勒级数展开至二次项, 建立卡尔曼滤波模型, 用于滑坡变形的预测预报; 骆祖江等^[5]提出了沧州市地面沉降灾害预测方法, 基于比奥固结理论, 建立了地下水开采与地面沉降三维全耦合数学模型, 在对模型进行识别和校

正的基础上, 模拟预测了在地下水现状开采情况下, 逐年地面沉降变化趋势, 并根据地面沉降速率对地面沉降进行了地质灾害预警分区。

但上述方法的地质灾害预测结果准确率均较差, 因此本文采用 GIS 技术对陕南地区土岩接触带地质灾害进行预测, 不仅可以准确管理滑坡地质灾害及其相关信息, 还可以从时间和空间尺度上预测滑坡地质灾害。最后进行仿真实验分析, 展示了本文方法在提高地质灾害预测能力方面的优越性能。

1 关于陕西南部地区的天气分析及多山体滑坡原因分析

陕西年降水量的分布是南多北少, 由南向北递减, 受山地地形影响比较显著。年降水量陕北 400 ~ 600 mm, 关中 500 ~ 700 mm, 陕南 700 ~ 900 mm, 其中陕南的米仓山、大巴山和秦岭山地中、西部高山地区, 年降水量多达 900 ~ 1 250 mm。陕西省各地降水量的季节变化明显, 夏季降水最多, 占全年的 39% ~ 64%, 夏季降水量又以陕北地区最为集中。秋季次之, 占全年的 20% ~ 34%。春季少于秋季, 春季降水量占全年的 13% ~ 24%。冬季降水稀少, 只占全年的 1% ~

^{*} 收稿日期: 2019–07–15 修回日期: 2019–09–24

基金项目: 陕西省教育厅项目(18JK0019)

作者简介: 牛洪涛(1983–), 男, 山东菏泽人, 硕士, 副教授, 研究方向为建筑材料, 滑坡治理, 结构设计。

E-mail: niuhongtao2007@163.com

4%。暴雨始于4月,于11月结束,主要集中在7-8月。关中、陕南春季第一场320.0 mm的降水过程一般出现在4月上旬末到中旬。初夏汛期出现在6月下旬后期到7月上旬前期,此期间,暴雨相对集中,关中、陕南出现洪涝较多。秋季,陕西省关中、陕南又出现相对多雨时段,称为秋淋,一般出现在9月上旬末至中旬初。

土岩接触带形成深部土岩接触带是指厚表土底部一定厚度的土层及其下一定厚度的煤系风化岩组成的土岩组合体。由于它由高压态土体、高压水和软弱破碎风化岩体组成,故具有整体不良的工程地质性质,所以多降雨季节极易发生山体滑坡。

2 主要研究内容与方法思路

在全面分析国内外研究动态的基础上,通过研究陕南地区地质灾害调查资料,进行系统设计,选择CF逻辑回归模型,即地质灾害发生确定性系数(CF)与逻辑回归模型(Binary Logistic)的融合,开展地质灾害危险性预测研究。

定义确定性系数的函数一般理论公式为:

$$f_k: \begin{cases} A \rightarrow [\min_k, \max_k] \rightarrow [a, b]; \\ B \rightarrow [1, 2, 3, \dots, n_k] \rightarrow [a, b]. \end{cases} \quad (1)$$

式中: A 为研究区域; \min_k 和 \max_k 是表示连续数据区间; $1, 2, 3, \dots, n_k$ 表示非连续数据; $[a, b]$ 是确定性系数区间; 通过函数变换, 不同类型的数据将落入相同的区间 $[a, b]$ 中, 从而可以进行有效的合并。

逻辑回归模型(Binary Logistic):

$$p = \frac{e^z}{1 + e^z}. \quad (2)$$

式中: z 为逻辑回归模型, $z = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_NX_N + \varepsilon$, p 为观测量相对于某一事件的发生概率; B 为多元回归系数; ε 为修正系数。

2.1 对现场观测与地质气候资料收集

选择一块特定研究区, 对已有资料进行分析、在野外进行观测, 全方位收集研究区内的植被分布、气候特点、河流走向、地层岩性、地质构造、地形地貌、岩土体工程地质基、土壤形态构成以及人类工程经济活动特征等资料。

2.2 预测方法选取和预测模型建立

在地质灾害发生预测评价方面有很多模型, 但是其中主要的包括多元回归法模糊综合评判法、层次分析法、信息量法等, 可这些模型中也存在其劣势弊端, 所以本文使用地质灾害确定性系数(CF值)对山体滑坡发生的可能性进行预测, CF逻辑回归模型的基本假定是地质灾害的危险性可以根据过去地质灾害与确定为影响因子的数据集(地形地貌、气候水文、岩土体类型等)之间的统计关系进行确定, 即若在某时刻达到了与过去山体滑坡发生时所处相似的环境条件, 那么将会发生山体滑坡。

2.3 空间数据库建立

根据野外调查资料, 结合研究区的实际情况

进行GIS图层信息和属性信息数据库的建立。

3 基于GIS的土岩接触带滑坡地质灾害预测

3.1 建立滑坡灾害信息量预测模型

(1) 研究区预测单元划分

将1:100 000的滑坡工程地质图和地形等高线图作为基础图件^[6], 采用实际大小为500 m × 500 m方格进行网格化划分。

(2) 生成基础图件

滑坡地质灾害空间预测在GIS系统中进行, 在对多种与滑坡地质灾害预测相关的信息输入、保存基础上生成滑坡灾害预测所需的相关图层, 利用划分的研究区预测单元, 得到土岩接触带斜坡坡度分布图、岩组类型和断层分布图等基础构件。

(3) 信息量模型建立

信息量采用滑坡灾害发生时的熵减少量来表示滑坡地质灾害事件发生的可能性, 根据基础构件对滑坡地质灾害信息量进行预测^[7-9]。土岩接触带发生的滑坡地质灾害 y 与多种影响因素 x_n 相关。不同地质环境下, 滑坡灾害中影响因素的作用大小、性质均不一致, 其中滑坡影响因素组合提供滑坡预测需要信息量, 且信息量决定预测结果高低, 信息量越高, 说明发生滑坡地质灾害概率越高, 反之发生滑坡灾害概率越低^[10]。计算过程为:

$$Q(y, x_1, x_2, \dots, x_n) = f_k \log_2 \frac{G(y | x_1 x_2 \dots x_n)}{G(y)}. \quad (3)$$

式中: $Q(y, x_1, x_2, \dots, x_n)$ 表示实际滑坡灾害影响因素组合 x_1, x_2, \dots, x_n 对滑坡预测提供的信息量; $G(y)$ 代表滑坡发生概率; $G(y | x_1 x_2 \dots x_n)$ 表示在 x_1, x_2, \dots, x_n 组合影响因素下接触带发生滑坡的概率。可将公式(3)改写为:

$$Q(y, x_1, x_2, \dots, x_n) = f_k Q(y, x_1) + Q_{x_1}(y, x_2) + \dots + Q_{x_1 x_2 \dots x_{n-1}}(y, x_n). \quad (4)$$

式中: $Q_{x_1}(y, x_2)$ 表示在滑坡灾害影响因素 x_1 存在时, 滑坡影响因素 x_2 对滑坡提供的信息量, 其中信息量单位(bit)。

$G(y | x_1 x_2 \dots x_n)$ 和 $G(y)$ 均可用统计概率值表示, 且各种滑坡影响因素组合后对预测滑坡提供的信息可为正向, 也可为负向^[11-12], 当 $G(y | x_1 x_2 \dots x_n) > G(y)$ 时, 此时 $Q(y, x_1, x_2, \dots, x_n) > 0$, 说明滑坡影响因素组合后有助于预测滑坡发生, 反之滑坡影响因素组合结果不利于预测滑坡^[13]。

对陕南地区土岩接触带滑坡地质灾害信息量的预测, 需在研究区域网格单元划分和生成基础构件的基础上进行。假设该地区共有 N 个单元, 遭受滑坡灾害的单元数表示为 N_0 , 且包括相同影响因素 x_1, x_2, \dots, x_n 组合的单元个数为 M , 且在 M 个单元中发生灾害滑坡的个数为 M_0 。根据统计概率中的先验概率原理可知, 滑坡影响因素 x_1, x_2, \dots, x_n 对预测滑坡地质灾害提供的信息量为:

$$Q(y, x_1, x_2, \dots, x_n) = p \log_2 \frac{M_0 F_0 / M F}{N_0 B_0 / N B}. \quad (5)$$

式中: B 和 B_0 分别表示该地区的总面积和已发生滑坡灾害的单元面积, F 和 F_0 分别表示相同因素

x_1, x_2, \dots, x_n 组合的单元面积与组合单元中发生滑坡灾害的单元面积和。

通常影响土岩接触带滑坡地质灾害的影响因素众多, 因此也存在较多的因素组合, 所以样本统计量数也在增加^[14]。对单因素信息量计算后, 构建滑坡地质灾害信息量预测模型为:

$$Q = \sum_{i=1}^n \log_2 \frac{F_0^i / F^i}{B_0 B} \quad (6)$$

式中: Q 为陕南地区某单元信息量预测值, F^i 和 F_0^i 分别为滑坡影响因素 x_i 占单元总面积和因素 x_i 单元中已发生滑坡灾害的面积和。

3.2 滑坡地质灾害预测流程

GIS 具有空间可视化、制图和分析的优势, 在滑坡地质灾害预测方面应用较广^[15]。以 GIS 软件为技术平台的滑坡灾害危险性和易损性评价成为滑坡灾害研究领域的发展方向。建立完滑坡地质灾害信息量预测模型后, 结合信息量模型与 GIS 技术, 对预测出的滑坡地质灾害信息量进行分级, 从而得到预测结果, 完成陕南地区土岩接触带滑坡地质灾害预测:

$$d = \frac{Q(\max) - Q(\min)}{4} \quad (7)$$

式中: d 为平均信息量, $Q(\max)$, $Q(\min)$ 分别表示陕南地区某单元信息量预测最大值和最小值。各程度滑坡灾害对应的信息量分别表示为 $T_1 = (t_1 - t_2)$ 高危、 $T_2 = (t_2 - t_3)$ 中危、 $T_3 = (t_3 - t_4)$ 低危和稳定 $T_4 = (t_4 - t_5)$, T_1 、 T_2 、 T_3 和 T_4 分别表示不同程度的滑坡信息量。且存在 $t_1 = Q(\max)$ 、 $t_2 = t_1 - d$ 、 $t_3 = t_2 - d$ 、 $t_4 = Q(\min) + d$ 、 $t_5 = Q(\min)$ 。

GIS 技术平台提供多种空间分析工具, 如数字高程模型、缓冲区分析和区域叠加分析等, 但仅采用这些工具对滑坡灾害进行空间预测, 存在预测过程复杂且实现难度大的问题, 这就需要结合区域实际情况, 在 GIS 技术平台开发出相应的空间预测模型, 如模糊综合评价法、信息量模型和人工神经网络等。本文将信息量模型与 GIS 技术相结合, 对区域土岩接触带滑坡地质灾害进行预测, 预测流程如下: ①采集研究区滑坡地质灾害环境中基础数据; ②对图形信息进行矢量化单元栅格划分; ③确定滑坡灾害预测模型; ④单因素空间叠加分析; ⑤计算总信息量。详细预测流程如图 1 所示。

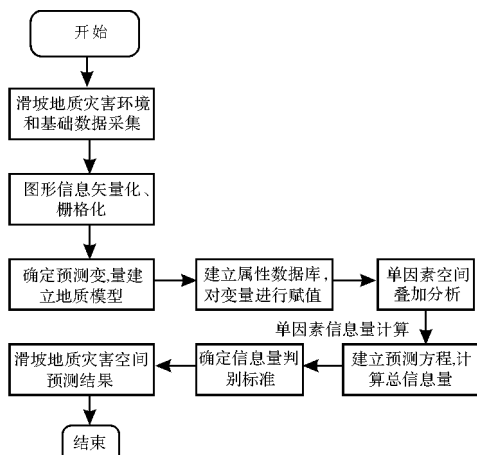


图 1 GIS 技术下的滑坡灾害预测流程图

4 实例检验及其结果分析

为验证本文方法在预测陕南地区土岩接触带滑坡地质灾害的效果, 进行实例分析。实验研究区位于陕西南部秦巴山区的旬阳附近, 研究区面积在 120 km² 左右, 降雨主要集中在 7-9 月, 且年平均降水量高达 780 mm。根据实地勘察和 GIS 遥感获取的地质资料可知, 该地区大约有 200 处滑坡。滑坡类型按滑动速度分包括基岩滑坡 170 处, 蠕动型滑坡 30 处, 滑坡空间与地形条件、地质条件影响, 空间分布存在群状或带状特征。研究区内的河流、沟壑和山坡等为土岩接触带滑坡地质灾害的产生创造有利条件, 在夏季常发生大滑坡和泥石流灾害, 且区域滑坡的稳定性和滑坡活跃度存在较大差异, 对该地区人们正常生活造成极大影响, 因此实验以该地区为例进行土岩接触带滑坡地质灾害预测。图 2 为旬阳附近山体滑坡三维影像图。



图 2 旬阳附近山体滑坡三维影像图

4.1 地形条件对滑坡灾害预测影响

根据旬阳附近山体滑坡三维影像图, 分析土岩接触带坡度变化对滑坡发生比例和信息量影响结果, 研究区地形条件对滑坡灾害预测影响包括坡度和坡高, 图 3 为坡度因素对滑坡灾害的影响结果, 其中研究区土岩接触带坡度共分为 9 个区间, 分别为(0°~5°)、(6°~10°)、(11°~15°)、(16°~20°)、(21°~25°)、(26°~30°)、(31°~35°)、(36°~40°)和(41°~45°)。根据图 3 可知, 该研究区中坡度在 6°~25°之间时, 发生滑坡灾害比例较高, 且包括的信息量较多, 有助于本文方法进行滑坡预测。

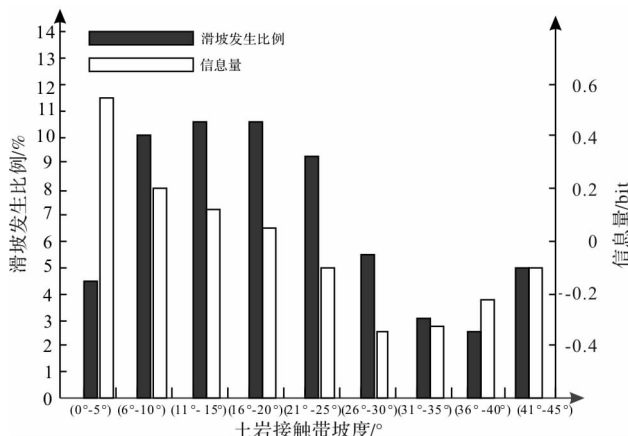


图 3 土岩接触带坡度对滑坡发生比例和信息量影响结果

研究土岩接触带坡高对滑坡地质灾害预测影响时,设置坡高区间分别为(50~210 m)、(211~371 m)、(372~532 m)、(533~693 m)、(694~854 m)、(855~1015 m)、(1016~1176 m)、(1177~1187 m)和(1188~1348 m)。图4为坡高因素对滑坡灾害预测影响。从图4结果可知,土岩接触带坡高对滑坡地质灾害预测有一定程度影响,当坡高在50~693 m之间时,滑坡发生比例随坡高的增加而增加且信息量也较大,说明坡高在50~693 m内,有助于本文方法预测滑坡,当坡高超出该值后,滑坡发生比例发生降低。

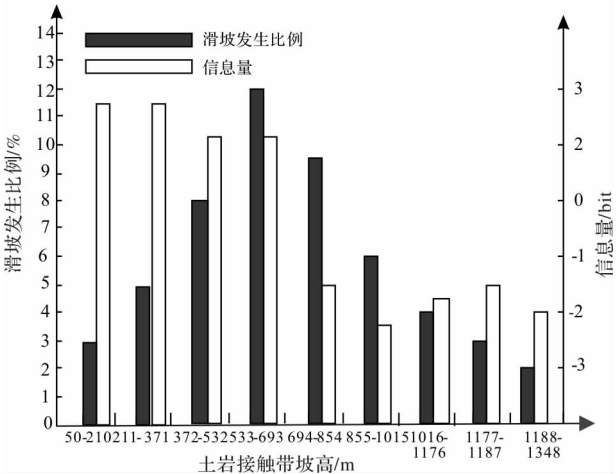


图4 土岩接触带坡高对滑坡发生比例和信息量影响结果

4.2 降雨因素对滑坡预测影响

按该地区8月份某日的24 h降雨量等级划分结果,对该地区200处滑坡样本点当日降雨类型进行统计(图5)。从图5可知,暴雨是造成滑坡主要因素之一,且该地区在无雨时仍会发生滑坡灾害。根据该地区滑坡发生前10 d的降雨天数,将该地区平均日蒸发量2.9 mm值作为降雨开始渗入界限(图6)。从图6曲线可知,滑坡发生曲线有1个极值,且在滑坡前10 d中,第4 d降雨的滑坡发生比

例为33%,排在后面是有3 d降雨的滑坡发生比例为30%,分别占总降雨滑坡数的16.5%和15%。对于滑坡发生前10 d内连续降雨的天数,当滑坡发生前2 d时发生滑坡发生比例为54%,占总滑坡次数的27%。

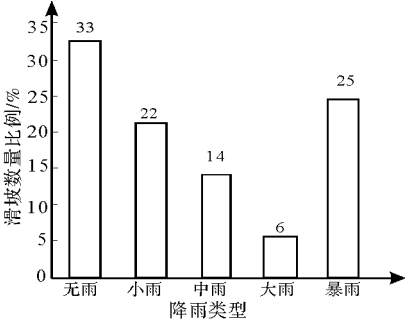


图5 滑坡数量比例与当日雨型关系

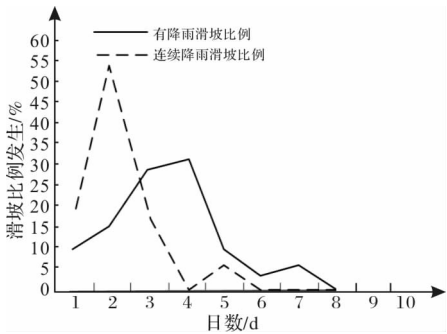


图6 有降雨时滑坡比例与连续降雨滑坡比例

4.3 预测结果验证

该地区的土岩接触带在夏季7~9月常发生滑坡地质灾害,实验预测得到该地区在2018年夏季的滑坡地质灾害结果如表1和表2所示。从表1和表2数据可知,本研究的方法可相对准确地预测到该地区在雨季时的滑坡灾害发生次数,且经多次预测得到的滑坡次数结果可知,其预测稳定性较高,各次预测结果相差不大。

表1 滑坡地质灾害预测结果(次)

预测次数/次	7月		8月		9月	
	基岩滑坡	蠕动型滑坡	基岩滑坡	蠕动型滑坡	基岩滑坡	蠕动型滑坡
1	85	12	135	21	142	25
2	86	11	136	22	145	26
3	85	14	142	20	143	24
4	87	10	135	19	144	27
5	82	11	138	18	143	26
6	83	12	137	18	146	28
7	76	15	128	21	145	27
8	82	12	132	21	143	26
9	84	14	134	20	142	25
10	86	12	136	18	144	24
11	83	13	135	21	145	25
12	78	14	134	18	148	26
13	84	12	135	19	145	25
14	85	11	134	21	146	27
15	86	12	141	19	142	26

表 2 滑坡地质灾害实际发生结果(次)

7 月		8 月		9 月	
基岩滑坡	蠕动型滑坡	基岩滑坡	蠕动型滑坡	基岩滑坡	蠕动型滑坡
80	14	133	19	146	27

表 3 8 月份滑坡等级预测结果(次)

预测次数/次	基岩滑坡总数	高危滑坡	中危滑坡	低危滑坡	稳定滑坡
1	135	35	42	16	42
2	136	36	43	17	40
3	142	35	44	18	45
4	135	35	45	20	35
5	138	34	42	18	44
6	137	36	43	17	41
7	128	38	43	18	29
8	132	35	44	20	33
9	134	36	45	18	35
10	136	35	42	19	40
11	135	36	43	20	36
12	134	34	45	21	34
13	135	35	44	20	36
14	134	36	43	18	37
15	141	37	45	19	40

表 4 8 月份滑坡等级实际结果(次)

基岩滑坡总数	高危滑坡	中危滑坡	低危滑坡	稳定滑坡
133	30	39	18	46

实验在准确预测出该研究区雨季各月份的滑坡发生次数时,以 8 月份发生的基岩滑坡灾害为例对滑坡等级进行分类。结果如表 3 和表 4 所示,在准确预测出该地区在 8 月份的基岩滑坡基础上,本研究可还能对滑坡严重程度进行分类,预测出滑坡结果的价值度相对较高。

5 结论

本文研究陕南地区土岩接触带滑坡地质灾害预测方法,采用 GIS 技术对地质灾害进行预测。从实例研究结果可知,土岩接触带坡度和坡高均对滑坡预测有一定影响,且本文方法预测滑坡次数和滑坡严重程度结果相对准确。

参考文献:

- [1] 渠孟飞,谢强,李朝阳,等. 基于数据挖掘技术的滑带土抗剪强度预测[J]. 工程地质学报, 2016, 24(6): 1103-1109.
- [2] 谌文武,刘伟,林高潮,等. 天水黄土结构性变化诱发滑坡敏感性分析[J]. 冰川冻土, 2016, 38(4): 929-936.
- [3] 孟华君,姜元俊,张向营,等. 地震扰动区碎石土滑坡滑动能力分析及预测[J]. 人民长江, 2017, 48(14): 45-49.
- [4] 陆付民,蒋廷耀. 基于多因子及泰勒级数的滑坡变形预测模型研究[J]. 大地测量与地球动力学, 2017, 37(10): 1029-1032.
- [5] 骆祖江,张鑫,田小伟. 沧州市地面沉降灾害预测预警[J].

工程地质学报, 2018(2): 365-373.

- [6] 王玢佳,王涛,孙进忠,等. 基于环剪试验的涅水河流域大型泥岩滑坡滑带剪切特征初探[J]. 工程地质学报, 2017, 25(1): 123-131.
- [7] 袁进科,张国厅,唐江涛,等. 阶地型降雨滑坡的发育特征及成因机制分析——以大仁烟村滑坡为例[J]. 水利水电技术, 2018, 49(4): 162-169.
- [8] CHENG M, DING M. Analysis of influence of natural disaster on the economy and prediction of recovery time based on grey forecasting - difference comparison model: a case study in the upper Min River[J]. Natural Hazards, 2017, 85(2): 1135-1150.
- [9] 牛全福,冯尊斌,党星海,等. 黄土区滑坡研究中地形因子的选取与适宜性分析[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(12): 1584-1592.
- [10] 张宇波,成丽君. 农业气象灾害等级优化预测仿真研究[J]. 计算机仿真, 2017, 34(6): 440-444.
- [11] ZHAO Y H, WANG H, ZHANG Q, et al. A study of landslide deformation field with digital correlation method[J]. Chinese Science Bulletin, 2016, 89(2): 1-11.
- [12] 王平,王会娟,许书雅,等. 黄土-风化岩接触面型斜坡动力响应研究[J]. 中国矿业大学学报, 2018, 47(4): 893-899.
- [13] 王志杰,苏娜. 基于遥感和 GIS 的陕南地区近 20 年土地利用时空变化特征[J]. 自然灾害学报, 2017, 26(6): 164-174.
- [14] 姚琦,牛瑞卿,赵金童,等. 基于经验模态分解-支持向量机的滑坡位移预测方法研究[J]. 安全与环境工程, 2017, 24(1): 26-32.
- [15] 谢超,周本刚,李正芳,等. 墨脱区域滑坡滑带土矿物谱学特征及其工程意义[J]. 光谱学与光谱分析, 2016, 36(7): 2266-2270.

Prediction of Landslide Geological Hazards in Soil-rock Contact Zone in Southern Shaanxi

NIU Hongtao

(Ankang University, Ankang 725000 China)

Abstract: Landslide geological hazards occur frequently and widely in the soil-rock contact zone in southern Shaanxi, which has a great impact on people's normal life. Therefore, a prediction method of landslide geological hazards in soil-rock contact zone in southern Shaanxi based on GIS is put forward. By dividing the prediction unit of the study area and generating the basic components such as slope distribution map, rock group type and fault distribution map of the soil-rock contact zone, the prediction model of landslide geological hazard information is established. Combined with the information model and GIS technology, the predicted landslide geological hazard information is graded, and the prediction results are obtained, and the prediction of landslide geological disaster in the soil-rock contact zone in southern Shaanxi is completed. The results of example analysis can be used. It is known that when the slope of the study area is between 6° and 25° , the proportion of landslide disasters predicted is high and includes more information, and rainfall occurs on the 4th day in the first 10 days of landslide disasters, which has the greatest influence on landslide disasters. According to the prediction results of the actual landslide disasters in the study area, it can be seen that this method can accurately predict the occurrence types and severity of landslides in each month, and the accuracy of the prediction results is high. It is a high quality landslide disaster prediction method.

Key words: southern shaanxi; soil-rock contact zone; geology; disaster; prediction; GIS; information quantity

(上接第 112 页)

- [6] 饶品增, 蒋卫国, 王晓雅, 等. 基于 MODIS 数据的洪涝灾害分析研究——以 2017 年洞庭湖区洪水为例[J]. 灾害学, 2019, 34(1): 203–207.
- [7] 丁志雄. 基于 RS 与 GIS 的洪涝灾害损失评估技术方法研究[D]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2004.
- [8] 陈静. 鄱阳湖区洪水灾害损失快速评估[D]. 南昌: 南昌大学, 2006.
- [9] 吉中会, 李宁, 吴吉东, 等. 区域洪涝灾害损失评估及预测的 CART 模型研究——以湖南省为例[J]. 地域研究与开发, 2012, 31(6): 106–110.
- [10] 王平, 黄河, 吴玮. 基于支持向量机的湖北省洪涝农业损失预测模型[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(18): 4437–4440.
- [11] 郭桂祯, 刘乃山. 基于随机森林模型的区域洪涝灾害房屋倒塌评估方法研究[J]. 灾害学, 2018, 33(3): 48–51.
- [12] 李航. 统计学习方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
- [13] 魏一鸣, 金菊良, 周成虎, 等. 洪水灾害评估体系研究[J]. 灾害学, 1997, 12(3): 1–5.
- [14] Breiman L, Friedman J, Olshen R, et al. Classification and Regression Trees[M]. New York: Chapman&Hall, 1984.
- [15] 齐乐, 岳彩荣. 基于 CART 决策树方法的遥感影像分类[J]. 林业调查规划, 2011, 36(2): 62–66.
- [16] 张立彬, 张其前, 胥芳, 等. 基于分类回归树(CART)方法的统计解析模型的应用与研究[J]. 浙江工业大学学报, 2002, 30(4): 3–6.
- [17] 连克强. 基于 Boosting 的集成树算法研究与分析[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2018.
- [18] Friedman JH. Greedy function approximation: A gradient boosting machine[J]. The Annals of Statistics, 2001, 29(5): 1189–1232.

A Model of House Damage Assessment for Southern China Based on Gradient Boosting Decision Tree (GBDT) Algorithm

LIN Sen, GUO Guizhen and LIU Beibei

(National Disaster Reduction Center of China, Beijing 100124, China)

Abstract: In this research, a model based on Gradient Boosting Decision Tree (GBDT) algorithm for assessing house damage in Southern China is built. It can be used for house damage rapid assessment in flood disaster. This model is trained using flood samples from National Disaster Reduction Center of China (NDRCC), combining 10 indexes which might have effect on flood disaster loss. In the end, a flood case of Southern China in Early July 2016 is used to verify the model. The overall relative error is only 17.9%, which proves the model is of high reliability and reflects the overall flood disaster loss very well.

Key words: flood disaster; house damage; GBDT; loss assessment