

基于多源数据与机器学习的降雨型滑坡灾害 危险性动态预警

付杰¹⁾, 张青¹⁾, 仇文岗²⁾

1) 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心, 河北保定, 071051;

2) 重庆大学土木工程学院, 重庆, 400044

关键词: 降雨型滑坡; 滑坡危险性; 动态预警; 机器学习; 多源数据

降雨型滑坡灾害是三峡库区发育的主要地质灾害之一, 区域滑坡灾害危险性预警对滑坡风险减缓有重要意义。针对区域滑坡灾害危险性预警的时效性等问题, 本文以重庆市云阳县为研究区, 提出了基于多源数据与机器学习的滑坡灾害危险性动态预警方法(图 1)。

1 滑坡易发性空间预测

滑坡易发性预测可准确地预测出潜在滑坡空间分布规律(黄发明等, 2020; 林高聪等, 2023)。在分析地理、地质、水文等多源空间数据基础上, 选取了坡度、坡向、坡形、工程岩组、地质构造等 12 个评价因子, 采用共线性诊断进行因子筛选, 利用逻辑回归法、信息量法、随机森林等方法进行区域滑坡灾害空间预测(即易发性评价), 结果显示随机森林算法表现最好, 其准确率最高为 0.830, 极高易发、高易发区主要分布于长江干支流以及城镇周边等人类活动强烈区域。

2 降雨预警阈值

强降雨是滑坡灾害变形破坏的主要诱发因素之一(谭淋耘等, 2020)。降雨以研究区 228 次降雨事件和 393 条降雨型滑坡灾害事件等历史时间序列数据为基础, 首先对降雨事件过程分析, 定义一次触发滑坡的降雨事件, 即从降雨开始到滑坡发生降雨结束整个连续的过程, 当 24 h 降雨量为 0 mm 时, 则一次连续的降雨事件结束。针对一次降雨事

件需要用降雨持续时间、降雨量大小等特征参数进行表征, 选取了降雨强度(I)、降雨持时(D)、有效降雨量(CAR)、事件累计降雨量(ECR)、事件平均降雨量($EADR$)以及其降雨组合因子(I - D 、 E - D)等, 统计分析各个降雨特征参数对滑坡事件和非滑坡事件的相关性, 进一步筛选与滑坡灾害事件关系显著的降雨特征参数。利用贝叶斯概率分析理论, 通过将滑坡灾害发生的频率分布转换为特定条件下的滑坡发生的概率, 挖掘特定降雨事件和滑坡发生概率的响应关系, 提出了滑坡事件不同发生概率与降雨强度(E - I)、滑坡发生事件与降雨持时(E - D)、滑坡发生事件与平均降雨强度(E - $EADR$)和降雨强度—持续时间(I - D)等降雨阈值。

3 滑坡危险性动态预警

最后, 结合实时气象监测数据, 以滑坡易发性和降雨阈值模型为基础, 采用矩阵判别方法实现对云阳县滑坡灾害危险性进行动态预警, 并划分为极高危险区、高危险、中等危险区和低危险区等。研究成果可为地质灾害风险减缓政策制定、国土空间规划及其区域风险评价项目提供必要的决策依据和参考。

参 考 文 献 / References

- 黄发明, 叶舟, 姚池, 李远耀, 殷坤龙, 黄劲松, 姜清辉. 2020. 滑坡易发性预测不确定性: 环境因子不同属性区间划分和不同数据驱动模型的影响. 地球科学, 45(12): 4535~4549.
- 林高聪, 史学磊, 张雪, 李兴虎. 2023. 巫山县龙头山滑坡地表位移监测特征与变形机理分析. 地质论评, 69(s1): 483~486.

注: 本文为国家重点研发计划项目(编号: 2019YFC1509600)、中国地质调查局地质调查项目(编号: DD20190715)的成果。

收稿日期: 2023-12-10; 改回日期: 2024-01-09; 责任编辑: 蔡志慧. DOI: 10.16509/j.georeview.2024.s1.114

作者简介: 付杰, 男, 1989 年生, 硕士, 高级工程师, 主要从事地质灾害风险评价与监测预警研究; Email: fujie@mail.cgs.gov.cn. 通讯作者: 张青, 男, 1965 年生, 博士, 教授级高级工程师, 主要从事地质仪器研发; Email: zhangqing@mail.cgs.gov.cn.

谭淋耘, 黄润秋, 冯晓亮, 裴向军, 张锦程. 2020. 三峡重庆库区典型滑坡监测特征与诱发机制. 地质论评, 66(S1): 171~174.

FU Jie, ZHANG Qing, ZHANG Wengang: Dynamic warning of rainfall-induced landslide hazard based on

multi-source data and machine learning

Keywords: rainfall-induced landslide; landslide hazard; dynamic early warning; machine learning; multi-source data

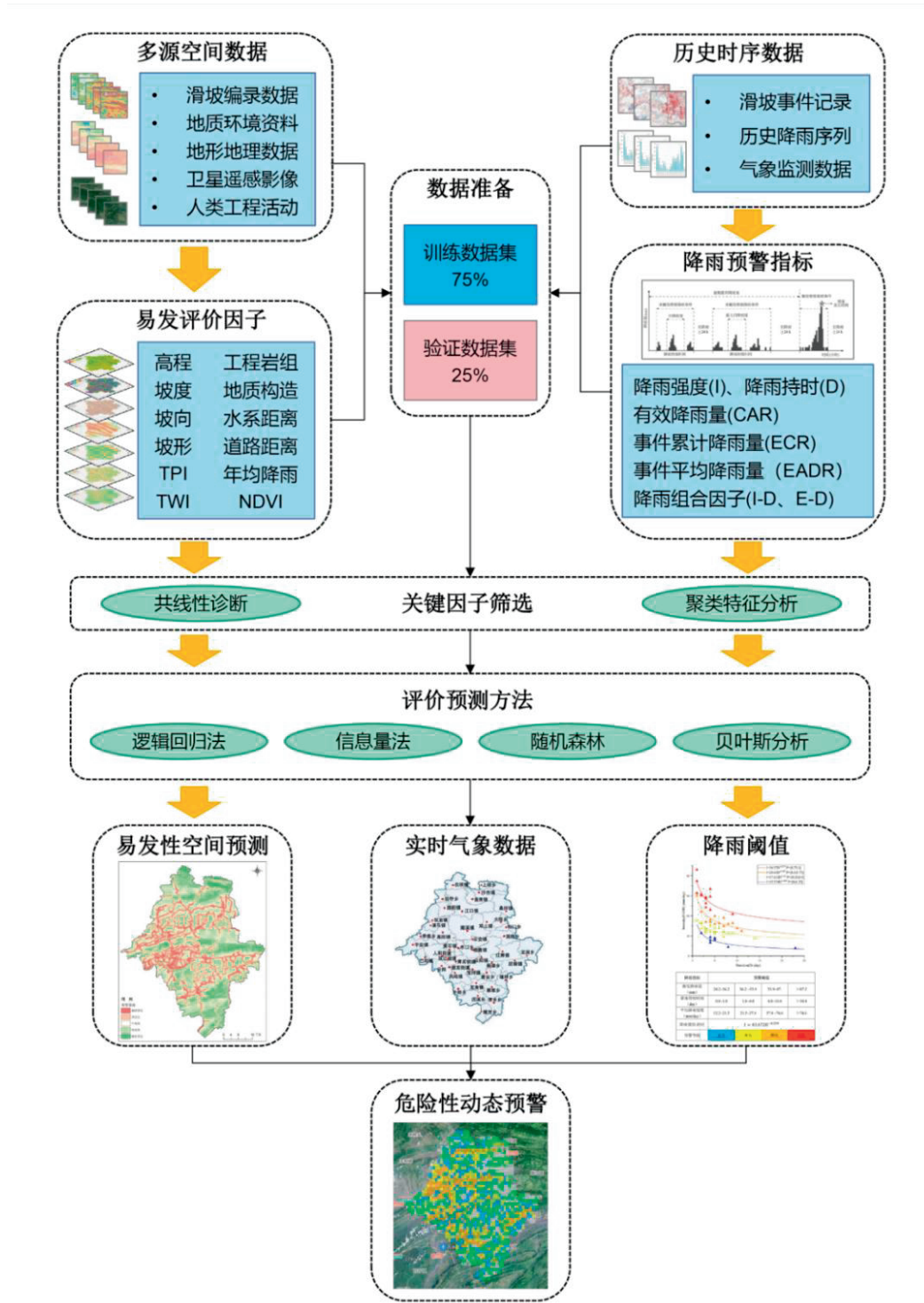


图 1 滑坡灾害危险性动态预警流程图