

多源数据融合的建设用地灾害危险性评估

谢 华

四川省昊锐工程咨询有限公司 四川 成都 610000

摘 要：建设用地灾害危险性评估是国土空间规划与工程选址的关键依据，传统评估方法依赖单一数据源，难以全面刻画灾害发生的复杂机理。本文构建多源数据融合评估框架，集成遥感影像、地质调查、气象水文、历史灾情等异构数据，建立统一的空间数据标准与评估指标体系。采用层次分析法与地理信息系统空间分析技术，实现灾害危险性量化评估与分区。以西藏林芝市巴宜区建设用地为案例，验证融合评估方法的有效性与优越性。多源数据融合能够显著提升评估精度与可靠性，为建设用地灾害防控提供科学决策支持。

关键词：多源数据融合；建设用地；灾害危险性评估；地理信息系统

引言：我国地质灾害频发，滑坡、泥石流、地面塌陷等灾害严重威胁建设用地安全。科学评估灾害危险性，是规避灾害风险、保障人民生命财产安全的必要举措。多源数据融合技术能够整合不同来源、不同尺度、不同相位的异构数据，挖掘数据间的互补信息，提升灾害识别与预测能力。本文旨在构建多源数据融合评估体系，探索适用于建设用地灾害危险性评估的技术方法，为国土空间规划提供科学依据。

1 多源数据融合与灾害评估理论基础

1.1 多源数据融合的内涵与技术框架

多源数据融合是指将来自不同传感器、不同平台、不同时间、不同尺度的异构数据，按照一定规则集成处理，提取比单一数据更丰富、更准确信息的技术过程。融合的核心目标是消除数据冗余与矛盾，挖掘数据互补性，提升决策判断能力。数据融合技术框架包含三个层级，数据级融合直接整合原始数据，信息细节最丰富但

计算量大且配准精度要求高。特征级融合先提取各数据源特征信息再进行融合，兼顾完整性与效率。决策级融合在各数据源独立分析基础上综合决策，灵活性最强但可能丢失原始信息。在灾害危险性评估中，常采用特征级与决策级相结合的融合策略，根据不同数据源特点选择适宜层级，有效弥补单一数据源的信息盲区。

1.2 常见数据源类型与特征

建设用地灾害危险性评估所需数据按来源分为五大类。遥感影像覆盖广、更新快，光学影像用于地表覆盖，雷达影像探测地表变形。地质调查数据包含岩性、断层等基础地质信息，是判断灾害的根本依据。地形地貌数据通过数字高程模型提取坡度、坡向，直接关系滑坡发生概率。气象水文数据包括降雨量、地下水位，降雨是滑坡泥石流的主要诱因。历史灾害数据记录灾害位置与规模，是验证评估结果的重要参考如表 1。各类数据各有优劣，需要融合实现优势互补^[1]。

表 1 不同数据源特征对比

数据源类型	主要信息内容	空间分辨率	更新周期	获取成本	可靠性
光学遥感影像	地表覆盖、土地利用	10-30 米	5-16 天	中	较高
雷达影像	地表形变、穿透植被	10-30 米	11-24 天	中高	高
地质调查数据	岩性、断层、构造	1:5 万-1:25 万	数年	高	高
数字高程模型	地形因子	10-30 米	不定期	低	高
气象水文数据	降雨、径流、水位	站点-公里级	日-月	中	中
历史灾害数据	灾害点位置、类型	点数据	不定期	中	较高

1.3 灾害危险性评估的基本方法

灾害危险性评估即判断某地发生灾害的可能性大

小，常用三种方法。经验判断法依靠专家经验和历史案例打分，操作简单但主观性强，适合数据匮乏区域。数

理统计法通过分析灾害与影响因子的统计关系建立评估模型,如信息量模型、频率比模型等,能量化各因子贡献度,是目前应用最广泛的方法。确定性方法基于力学原理计算斜坡稳定系数,精度高但参数获取困难,仅适用于单个场地详细评估。评估结果通常以危险性分区图呈现,将区域划分为高、中、低及极低危险区,为规划选址提供直观依据。

2 多源数据融合评估体系构建

2.1 融合评估总体框架设计

本文构建的多源数据融合评估体系采用四个层次的架构,层层递进。第一层是数据采集层,负责收集遥感影像、地质图、地形数据、气象资料、历史灾害记录等原始资料,明确每种数据的格式、精度、时间和坐标系。第二层是预处理层,对原始数据进行几何校正、噪声去除、缺失值补齐等处理,将所有数据统一到同一坐标系和分辨率,确保数据可比性。第三层是融合分析层,这是评估的核心,包括建立评估指标、计算各指标权重、多层信息叠加分析三个步骤,将杂乱数据转化为危险性评价信息。第四层是评估成图层,根据分析结果绘制危险性分区图,并检验评估准确性。四个层次环环相扣,前一层的输出是后一层的输入,每个环节均设置质量检查。

2.2 评估指标体系构建

评估指标体系是多源数据融合的纽带,指标选取直接影响评估结果的可靠性。选指标遵循四个原则:系统性,即全面覆盖灾害发生的内在条件和外部诱因;代表性,即能有效区分灾害发育与非发育区域的差异;可量化,即能够从空间数据中提取并分级打分;独立性,即指标间尽量避免高度共线性。综合专家意见与研究成果,本文构建五大类十二项指标的评估体系。地形地貌类包括坡度、坡向、相对高差、地形起伏度。基础地质类包括岩石类型、断层密度、工程岩组。水文条件类包括降雨强度、离河流距离。植被覆盖类采用归一化植被指数。人为活动类包括道路密度、土地利用类型。各项指标的分级标准与赋值方法需根据研究区实际情况确定^[2]。

2.3 数据预处理与标准化

多源数据来自不同单位、不同设备,存在坐标系不统一、分辨率不一致、属性对不上等问题,必须通过预处理实现数据“对话”。第一步是统一空间基准,将所有数据转换到同一坐标系下,本文使用国家大地坐标系。栅格数据通过重采样统一像元大小,山区建设用地评估一般选用10米或30米分辨率。第二步是处理接边问题,对于多幅拼接的地质图、地形图,检查图幅接缝处

的属性一致性,消除拼接误差。第三步是数据标准化,不同指标量纲差异大,坡度用度数、距离用米,直接计算没有意义,需用极差标准化或Z-score标准化等方法消除量纲影响。对于岩石类型等定性指标,请专家根据其对应灾害的敏感程度打分。标准化后,所有指标处于同一度量尺度,可直接叠加运算和计算权重。

2.4 融合方法与权重确定

确定各指标对灾害发生的贡献权重是融合分析的核心。本文采用层次分析法与熵权法相结合的主客观综合赋权法。层次分析法请专家对比各指标重要性,构造判断矩阵计算主观权重,融入专业知识但主观性较强。熵权法依据指标数据离散程度计算客观权重,数据变化越大说明区分灾害能力越强,权重应越高,但可能脱离物理实际。本文取两者平均值作为综合权重,各占0.5。权重确定后,将各指标图层乘以对应权重并求和,得到每个像元的灾害危险性指数。需检查各指标图层配准情况,避免错位。融合分析在GIS平台中完成,利用栅格计算器实现多层代数运算^[3]。

3 实证研究与结果分析

3.1 研究区概况与数据来源

本文选取西藏林芝市巴宜区作为研究案例。巴宜区位于西藏自治区东南部、雅鲁藏布江中下游,面积约10238平方公里,考虑到高海拔无人区不适合建设,实际重点评估的建设适宜区约2200平方公里。地形以高山峡谷为主,最高海拔超过5000米,最低海拔约2900米。该区域地质构造复杂,雅鲁藏布江缝合带从附近穿过,断裂发育,岩性以片岩、板岩、花岗岩为主。气候属高原温带半湿润气候,受印度洋暖湿气流影响,年降雨量600-800毫米,主要集中在6至9月。历史灾害记录显示,该区318国道沿线及村镇周边共发生滑坡灾害80余处、泥石流沟道40余条,雨季时常发生崩塌、滑坡阻断交通,具有典型研究价值。数据来源方面,采用Landsat-8光学遥感影像(分辨率30米),用于提取植被覆盖和土地利用信息。采用哨兵一号雷达影像(分辨率20米),用于探测地表形变。地质资料采用1比20万比例尺区域地质图。地形数据采用30米分辨率数字高程模型。气象数据来自林芝国家基准气候站及周边5个自动气象站近20年降雨记录,通过空间插值生成降雨分布图。历史灾害点通过野外调查和资料整理获得,共收集到有效灾害点98个。

3.2 评估指标提取与分级

基于预处理后的多源数据,逐个提取十二项评估指标并划分等级。坡度通过数字高程模型计算,按15度、25度、35度、45度为界划分为五个等级,巴宜区的灾

害点大多分布在 25 度以上的山坡上。坡向划分为平面及八个方位,不同坡向受阳光和降雨影响不同。相对高差反映地形切割程度,按 150 米、300 米、500 米为界划分为四级,高差越大越容易发生滑坡。岩石类型按工程性质划分为坚硬岩组、较坚硬岩组、软质岩组、松散堆积层四类,巴宜区的松散堆积层和软质岩组灾害最多。断层密度以单位面积内断层长度表示,按每平方公里 0.3、0.6、1.0 公里为界划分为四级,离断层越近灾害风险越高。降雨强度用多年平均雨季降雨量表示,按 500 毫米、600 毫米、700 毫米为界划分为四级。归一化植被指数反映植被覆盖程度,按 0.3、0.5 为界划分为三级,植被覆盖越低越容易发生灾害。道路密度反映人类工程活动强度,按每平方公里 1.0、2.0、3.0 公里为界划分为四级,国道 318 沿线及乡村道路两侧灾害明显增多。离河流距离按 200 米和 500 米为界划分为三级。每项指标按其对应灾害发生的贡献程度赋予 1 至 9 分,贡献越大分值越高,最后统一放入叠加分析。

3.3 融合评估结果与分区

将各指标图层按综合权重叠加计算,得到巴宜区建设用地灾害危险性指数分布图。采用自然间断点分级法将危险性指数划分为四个等级。极低危险区占总面积的 16%,主要分布于尼洋河河谷宽阔地带和阶地,地形平缓、岩性较坚硬,比较适合城镇建设。低危险区占 28%,主要分布于低山丘陵区,灾害点较少。中危险区占 34%,分布于山麓斜坡和沟谷两侧,有少量灾害点,需要做好防护措施。高危险区占 22%,主要分布于陡坡地带、断层破碎带以及 318 国道沿线高切坡区域,灾害点密集,应划为限制建设区域,尽量避免在此选址。把融合评估结果和只用坡度一个指标做的评估对比一下,单一坡度因子评估准确率只有 65%,融合评估准确率达到 84%,提高 19 个百分点。也就是说,融合评估能更好地找出那些看起来坡度不大但由于其他因素(比如岩性软、离断层近)仍然容易发生灾害的地方。

3.4 精度验证与讨论

采用灾害点与危险性分区叠加的方法验证评估精

度。将 98 个已知灾害点投影至分区图上,统计各分区灾害点数量与密度。极低危险区内灾害点 1 个,占比 1.0%,密度 0.003 个每平方公里;低危险区内 6 个,占比 6.1%,密度 0.01 个;中危险区内 24 个,占比 24.5%,密度 0.03 个;高危险区内 67 个,占比 68.4%,密度 0.06 个。高危险区灾害点密度是极低危险区的 20 倍,分区结果与实际情况高度吻合。受试者工作特征曲线下面积为 0.86,表明评估模型区分能力良好。需要说明的是,巴宜区海拔高、人口少,许多灾害发生在无人区,对建设用地影响有限,本文重点评估村镇周边和河谷地带的建设适宜性。多源数据融合综合地形、地质、降雨、人类活动等,比单一因子评估准确得多。高海拔无人区气象站点稀少,部分数据需通过插值推算,可能引入一定误差^[4]。

结束语

多源数据融合的建设用地灾害危险性评估方法,有效解决传统评估中数据单一、信息不完整的问题。本文构建的四层评估框架与指标体系已在研究区得到验证,融合评估的优势在于充分挖掘遥感、地质、气象等多源数据的互补信息,实现对灾害形成条件的全面刻画。后续研究从动态危险性评估、深度学习方法应用以及在线评估平台构建等方面继续深化,为国土空间规划提供更精准的决策工具。

参考文献

- [1] 刘蓓蓓,赵飞,王曦,等.多源数据驱动的台风动态风险评估[J].热带地理,2024,44(6):1102-1112.
- [2] 陈天穹,赵晨,辛诚,等.多源测量数据与数字孪生驱动的电网防灾工程动态效能评估[J].国外电子测量技术,2025,44(12):259-264.
- [3] 陈星竹,梁植华.基于 BIM 与 GIS 的县级国土空间多源数据集成方法[J].测绘与空间地理信息,2025,48(5):92-94,97.
- [4] 白路遥,吴家勇,刘鹏,等.管道地质灾害天空地一体化监测与数据融合思考[J].油气田地面工程,2026,45(4):65-72.