



中国地质调查局地学文献中心·中国地质图书馆

国外地学文献速递

Express Delivery of Foreign Geological Literature

滑坡专辑（2023年第1期）



编者按

中国是世界上自然灾害最严重的少数几个国家之一。滑坡灾害作为其中一种主要的地质灾害，因其分布广、破坏性强，每年都造成巨大的经济损失和人员伤亡。滑坡的监测、治理与风险防控备受关注。中国地质调查局将支撑服务地质灾害防治工作作为近年重点工作之一。

国外地学文献速递（滑坡专辑）是中国地质调查局地学文献中心为支撑国家地质灾害防控体系建设，切实服务地质调查中心工作而推出的《国外地学文献速递》系列专辑之一。

本专辑为2023年滑坡专辑的第1期，收录了选自 Springerlink等数据库的10篇文章，重点关注欧洲地质调查局的滑坡监测技术、利用 SENTINEL-1 干涉合成孔径雷达数据调查新西兰吉斯伯恩缓慢移动的浅层土壤滑坡以及无人机长期监测结果揭示的敏感粘土滑坡递进破坏之地表位移等方面的最新研究成果，以期为相关科研人员的研究工作提供支撑和服务。



目 录

欧洲地质调查局的滑坡监测技术.....	1
在光学卫星图像时间序列中进行滑坡年代测定的 SWADE 模型.....	2
利用 SENTINEL-1 干涉合成孔径雷达数据调查新西兰吉斯伯恩缓慢移动的浅层土壤滑坡.....	3
无人机长期监测结果揭示的敏感粘土滑坡递进破坏之地表位移.....	4
利用 TOBIA 和证据权重方法确定构造和岩性对滑坡的控制作用：以罗马尼亚研究为例.....	5
使用两种通用模型评估滑坡体积：以美国华盛顿霍特科姆县的滑坡为例.....	6
巴基斯坦小喜马拉雅地震活动区同震滑坡探测:像素、亚像素和基于对象的图像分析技术比较.....	7
热带火山环境下同震滑坡分区的地震和地貌评估.....	8
泥岩边坡潜在滑坡危险性评估通用模型的开发：模糊逻辑和分子级建模方法.....	9
运用基于 GIS 的多准则决策分析和区域增长算法识别非特定条件下的滑坡易发区.....	10



获取更多地学文献信息，请关注“中国地质图书馆公众号”

本刊由“地球科学文献知识服务与决策支撑工程”项目支持

编辑主编：向 铨

审 稿：张长厚（特约专家）

审 核：陈 晶 王学评

联系电话：(010)66554803

联系人：向 铨

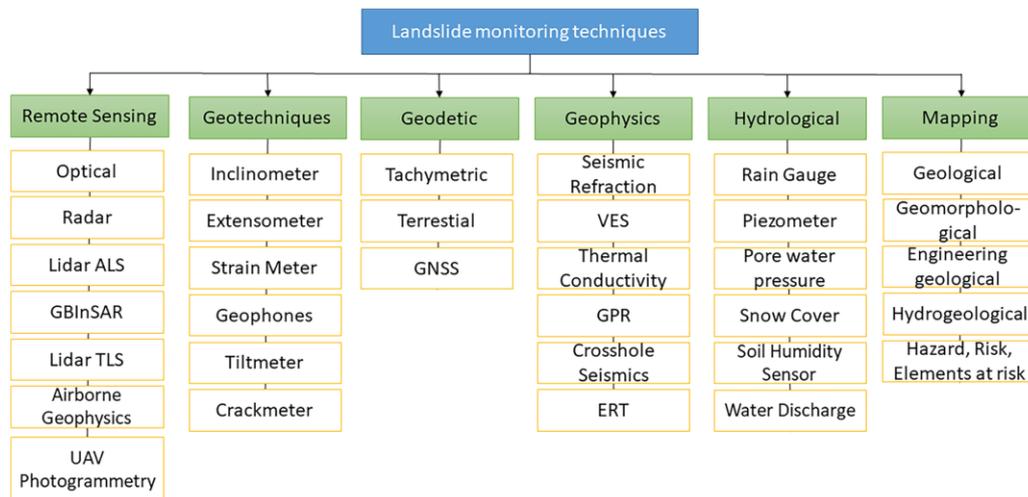
电子信箱：2652877979@qq.com

欧洲地质调查局的滑坡监测技术

Landslide monitoring techniques in the Geological Surveys of Europe

■ 摘要译文

滑坡监测是滑坡风险评估中的一个必要步骤。这项工作需要收集不同时期和不同区域尺度（如从特定地点到局部地段、区域范围甚至全国）的各种滑坡相关数据以评估滑坡活动性状，如滑坡区域规模、滑坡运动学、地形地貌、水文气象参数以及破裂面等。在本研究中，我们收集了 2005-2021 年间被欧洲地质调查局聘用的 17 名地球观测地质灾害专家组成员的滑坡监测技术信息，并研究了所记录的 75 起滑坡的类型、滑坡监测技术、空间分辨率、时间分辨率、技术状态（运行中和未运行的）、使用时间（滑坡发生前、发生期间和发生后）以及该技术在早期预警系统中的适用性。该研究并未指出每种技术的准确性，而是阐述了欧洲地质调查局进行滑坡监测的范围和所使用的主要技术。在滑坡类型中，土质滑坡占主导地位，监测工作主要通过地质和工程地质填图完成。结果表明，欧洲地质调查局主要使用较传统的监测技术，因为他们承担着广泛地收集地质数据的任务。此外，本文为欧洲地质调查局在欧洲滑坡监测中的作用提供了新的见解，并为滑坡风险减轻倡议和承诺（例如，2020 年京都滑坡承诺）做出了贡献。



调查问卷中包含的滑坡监测技术图

■ 作者信息

Mateja Jemec Auflič

Earth Observation and Geohazards Expert Group (EOEG), the Geological Surveys of Europe, EuroGeoSurveys, Brussels, Belgium

本文发表于: Landslides 2023 年 01 月 03 日

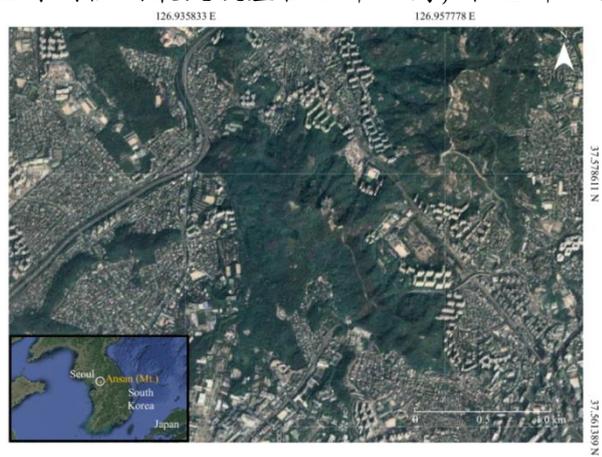
全文链接: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s10346-022-02007-1>

在光学卫星图像时间序列中进行滑坡年代测定的 SWADE 模型

The SWADE model for landslide dating in time series of optical satellite imagery

■ 摘要译文

滑坡是一种破坏性自然灾害，造成了大量生命损失，并对自然和建筑环境造成影响。滑坡频率是危险性评估的重要依据。然而，在偏远地区对滑坡进行准确的年代测定常常是具有挑战性的。本文提出了一种新颖的基于分段小波去噪和逐步线性拟合 (SWADE) 的滑坡年代测定技术，该技术使用了 1985-2017 年间的 Landsat 卫星观测结果。SWADE 的原理是，在植被覆盖区，滑坡通常会导致植被移除，从而造成标准化植被指数 (NDVI) 随时间降低。本文利用在加拿大不列颠哥伦比亚省东北部巴金霍尔河 (Buckinghorse River) 地区发生的 66 个已知滑坡资料，对 SWADE 和两种先前发表的滑坡年代测定方法 (谐波模型和 LandTrendr) 进行了适用性评估。通过 SWADE 可以识别出时间序列中 NDVI 值的突变，这种突变可能指示了一个或多个滑坡发生的日期。有 52% 的滑坡通过 SWADE 确定的最可能发生日期误差范围在 1 年以内，检测误差在 2 年以内的滑坡占比 62%。对比发现，当把两个最可能的滑坡日期范围综合在一起时，其检测的滑坡数目占比可分别增加到 68% 和 80%。谐波建模显示 79% 的滑坡发生时间检测最大误差在 1 年以内，在 2 年以内的达到 82%。与 SWADE 不同，该方法需要专家判断和建立良好的季节性植被周期。LandTrendr 最初是为森林损毁填图而开发的，其能检测到最大误差在 2 年以内的滑坡占比仅有 42%。SWADE 为滑坡测年提供了一种很有前景的全自动方法，有助于构建偏远地区的滑坡频率-幅度分布。



研究区域的位置和航空摄影图

■ 作者信息

Sheng Fu

Department of Physical Geography, Utrecht University, Princetonlaan 8a, 3584 CB, Utrecht, Netherlands

本文发表于: Landslides 2023 年 01 月 27 日

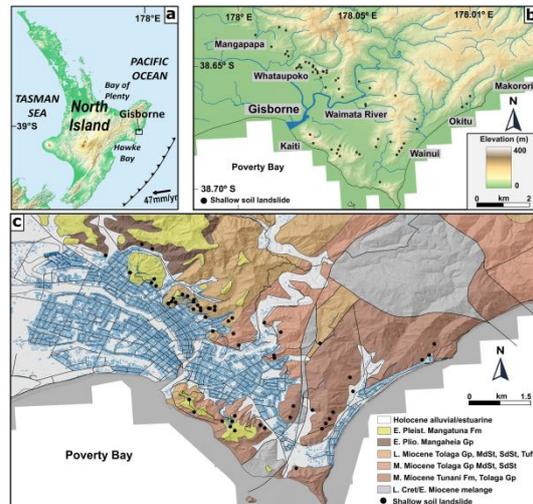
全文链接: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s10346-022-02012-4>

利用 Sentinel-1 干涉合成孔径雷达数据调查新西兰吉斯伯恩缓慢移动的浅层土壤滑坡

Investigating slow-moving shallow soil landslides using Sentinel-1 InSAR data in Gisborne, New Zealand

■ 摘要译文

滑坡是新西兰北岛上普遍存在的地貌特征，是该地区地形形成的主要过程之一。本研究关注位于北岛东海岸、希库兰基(Hikurangi)俯冲边缘的吉斯伯恩(Gisborne)市附近陡峭地形。该地形由年轻、松软的沉积岩和土壤组成。最常见的边坡破坏模式是由强降雨引发的浅层、富含粘土的土壤和风化层中的土壤蠕变、滑动和流动。本研究基于 Sentinel-1 图像的观测数据，利用干涉合成孔径雷达(InSAR)处理的结果，揭示了2016年1月至2021年12月期间吉斯伯恩(Gisborne)陡峭地形周边的形变分布。通过干涉图叠加获得视速度，并将其沿最大坡度方向进行投影，以提取斜坡上的真实位移。将上升和下降的数据集合并，揭示出形变的垂直和水平分量。将结果与区域激光雷达数据集、航空图像和现场观测相结合，勾勒出边坡形变区域。最后，将边坡变形时间序列数据与降雨记录进行比较，以确定由于膨胀土收缩和膨胀引起的季节变化。尽管 InSAR 位移数据包含一些噪声，但结果仍可用于识别研究区域内由土壤蠕变和泥石流引起的132个不稳定斜坡。此外，膨胀土的收缩和膨胀所导致的位移量季节性变化与降雨量密切相关，在南部的冬季和夏季之间这种变化幅度为10~20毫米/年。



a 吉斯伯恩在北岛的位置，与收缩的希库兰吉边缘的主要结构有关； b 吉斯伯恩市的立面图，具有重要意义的浅层土壤滑坡位置；研究区域的主要岩性、滑坡位置等； c 图由蓝色多边形表示

■ 作者信息

Matthew E. Cook

School of Environment, The University of Auckland, Auckland, 1010, New Zealand

本文发表于: Landslide 2023年20卷427-446页

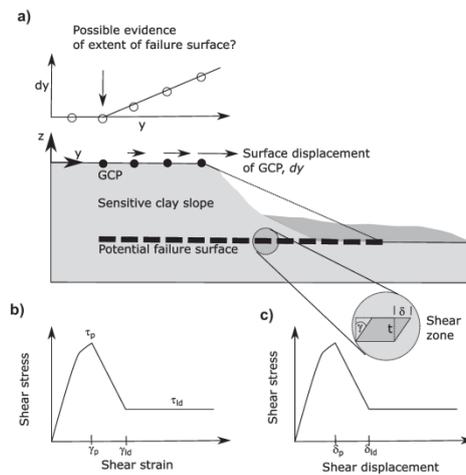
全文链接: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s10346-022-01982-9>

无人机长期监测结果揭示的敏感粘土滑坡递进破坏之地表位移

Surface displacement expression of progressive failure in a sensitive clay landslide observed with long-term UAV monitoring

■ 摘要译文

切入尚普兰海粘土 (Champlain Sea Clay) 的河岸斜坡特别容易受到高度牵引式滑坡的影响, 如流动和横向扩散。递进破坏的概念表明, 在失稳之前, 不断增长的破坏面需要一定的有限变形。然而, 考虑到敏感粘土展现出的脆性特征, 目前尚不清楚破裂发生前的位移量是否可以大到当前地表位移测量技术的检测精度。本文采用无人机摄影测量和传统全站仪测量技术, 对一座 11 米高、斜度为 $3H:1V$ 的斜坡上的地面控制标志网络进行了为期 5 年的监测, 以评估地表位移测量是否可以作为递进破坏面潜在扩展的指标。2009 年启动监测计划后, 地表位移表明, 向峰顶陡坡缓慢累积的变形, 导致了 2012 年和 2013 年流动破坏形式的牵引式滑坡。这些数据表明, 渥太华市市区范围内尚普兰海粘土中的间歇性牵引式滑坡, 在递进破裂发生前的裂前变形量是可以测量到的足够。



a 敏感粘土边坡的渐进破坏, 其中潜在的破坏面延伸到坡顶下方; b 应变软化将导致; c 剪切变形, 随着地面控制点 (GCP) 向坝顶的表面位移增加;

■ 作者信息

Michael J. Bentley

Department of Civil Engineering, Queen's University, Kingston, ON, K7L 3N6, Canada

本文发表于: Landslides 2023 年 20 卷 531-546 页

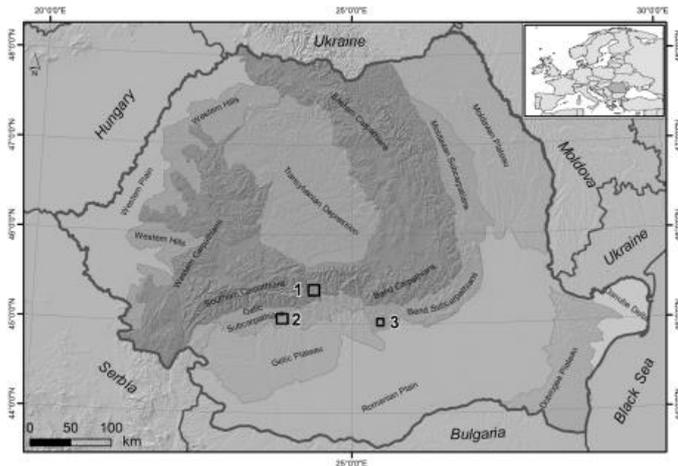
全文链接: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s10346-022-01995-4>

利用 TOBIA 和证据权重方法确定构造和岩性对滑坡的控制作用： 以罗马尼亚研究为例

Identifying the role of structural and lithological control of landslides using TOBIA and Weight of Evidence: case studies from Romania

■ 摘要译文

众所周知，地质构造是控制区域尺度滑坡发生的主要诱因之一。长期以来，对构造和岩性控制作用的研究引起了各种地球和行星科学专家的兴趣，他们提出了从描述性分析到自动检测的不同方法。本研究的目的是探讨地质构造和岩性对区域尺度滑坡发生的控制与影响。为此，我们使用 Python 编程语言开发了一套计算 TOBIA 指数并估计形态结构和岩性条件与滑坡发生之间关系的工具集。针对罗马尼亚三个具有不同地质和地貌背景的滑坡敏感区，分析了地质构造与滑坡发生之间的关系。基于 TOBIA 指数（地表面/层面交角）对地质构造的空间分布进行了建模。TOBIA 指数根据地形坡度、坡向、倾角和倾向将地形划分为顺向倾斜、反向倾斜和正交倾斜三类，每一类又包括几个子类。此外，通过实施双变量统计分析（证据权重），一方面，我们研究了滑坡发生与形成的形态结构斜坡之间的关系。另一方面，我们研究了滑坡与岩性单元之间的关系。输出的对比值显示，在单向倾斜区，顺斜坡对滑坡发生具有明显影响，大多数断崖发生在顺斜坡和正斜坡之间的接触处。在粘土露头以及地质构造对滑坡控制力大大减弱的地区，这种影响较小。这些结果有助于更好地理解在区域尺度上构造和岩性对滑坡发生的控制作用，进而有助于对滑坡敏感性进行更好的评估。在罗马尼亚不同的地质和地貌背景下获得的结果表明，这种方法可以成功地应用于其他滑坡易发区。为了实现结果的可重复性，我们根据 MIT 许可证提供了一套地理信息系统（GIS）工具。



三个研究区域的位置图：1 个 Perișani-Titești 研究区域；2 Berbești-Stroești 研究区；3 Glodeni 研究区

■ 作者信息

Viorel Ilinca

Geological Institute of Romania, Caransebeș Street, no. 1, Bucharest, Romani

本文发表于：Landslides 2022 年 19 卷 2117–2134 页

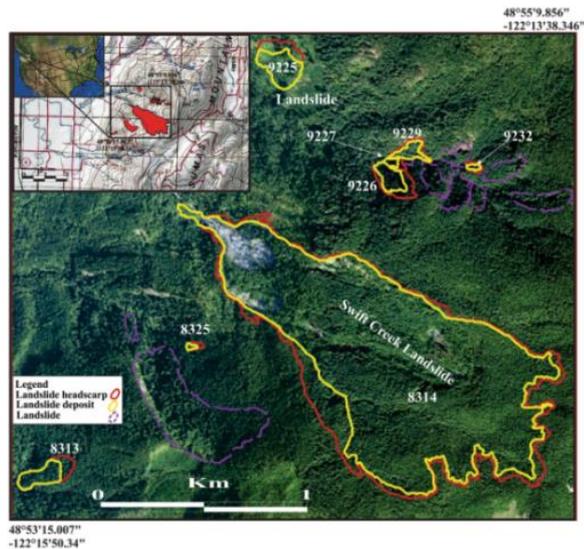
全文链接：<https://rd.springer.com/article/10.1007/s10346-021-01749-8>

使用两种通用模型评估滑坡体积：以美国华盛顿霍特科姆县的滑坡为例

Assessing landslide volume using two generic models: application to landslides in Whatcom County, Washington, USA

■ 摘要译文

利用激光探测和测距技术生成高分辨率数字高程模型 (DEMs)，从而虚拟呈现地形，有利于对难以进入的山区中的滑坡过程进行地貌分析。在滑坡量估算中，基于叠加和插值的通用模型显示了高分辨率 DEMs 的优越性。然而，这些模型在区域尺度滑坡量计算中的优点与局限性却鲜有关注。这些挑战在州域尺度或整个国家范围的滑坡灾害分区中被放大，因为这些模型需要有大型数据库作为支撑。针对上述不足，本文提出了一种估算滑坡量及其分布的方法，这种方法充分利用了激光雷达测量数据 (LiDAR)，并在地理信息系统 (GIS) 中对滑坡体积计算进行标准化。我们通过使用 Python 脚本实现了两个通用滑坡体积模型，这是一种系统的浅层和深层滑坡体积建模方法。模型在实际和理论条件下进行了测试，以突显其优势和局限性。同时，我们探讨了插值模型如何受到局部高度变化的影响。结果表明，其中一个模型可用于对地方或国家尺度的滑坡堆积物中剥蚀碎屑体积进行初步解释，而另一个模型有助于评估滑坡活动的顺序。理论评估表明，小于1米的局部高程变化可能导致近17%的误差。我们以美国华盛顿州霍特科姆(Whatcom)县的苏马斯(Sumas)山为例探讨了这种方法。



研究区域图，美国华盛顿州苏马斯(Sumas)山。实心多边形显示了所研究的八个滑坡：红色，滑坡头部；黄色，滑坡沉积物。

■ 作者信息

Gabriel Legorreta Paulin

Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, Coyoacan 04510, Ciudad de Mexico, Mexico

本文发表于: Landslides 2022年19卷901-912页

全文链接: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s10346-021-01825-z>

巴基斯坦小喜马拉雅地震活动区同震滑坡探测:像素、亚像素和基于对象的图像分析技术比较

Comparison of pixel, sub-pixel and object-based image analysis techniques for co-seismic landslides detection in seismically active area in Lesser Himalaya, Pakistan

■ 摘要译文

决策者需要及时准确地描述滑坡信息,以便对同震或降雨引发的滑坡灾害做出有效快速的反应。遥感技术可以为局部到区域范围内的灾难应对提供及时支持,特别是在偏远、孤立和人迹罕至的地区。这些技术分为像素、亚像素和基于对象的技术,每种技术都有自己的优缺点。本研究旨在调查和评估基于像素、亚像素和基于对象的图像分析(OBIA)方法在位于小喜马拉雅山的巴基斯坦穆扎法拉巴德(Muzaffarabad)同震滑坡检测中的优缺点。使用 SPOT 和 ASTER 图像,对基于最大似然分类器(MLC)、光学影像配准与关联(COSI Corr)和 OBIA 的分类技术进行了比较。在 SPOT₅ 图像上,应用了 MLC 和 OBIA 方法,而 ASTER 图像用于亚像素分类。基于像素的 MLC 方法的总体准确度为 80.8%,亚像素 COSI-Corr 方法的为 90.9%,OBIA 方法的为 91.4%。因此,可以推断基于 COSI-Corr 和 OBIA 的分类优于基于像素的 MLC 分类技术。与基于像素的结果相比,OBIA 结果在空间上更加一致,且取决于目视解译。由于地貌条件不同,OBIA 的规则集使其很难在不同的地形中应用。COSI Corr 技术使用低成本中等分辨率的卫星数据来产生合理的输出。为了使这项技术发挥作用,必须提供合适的地震前和地震后影像(光学和数字高程模型)(没有阴影和云层)。

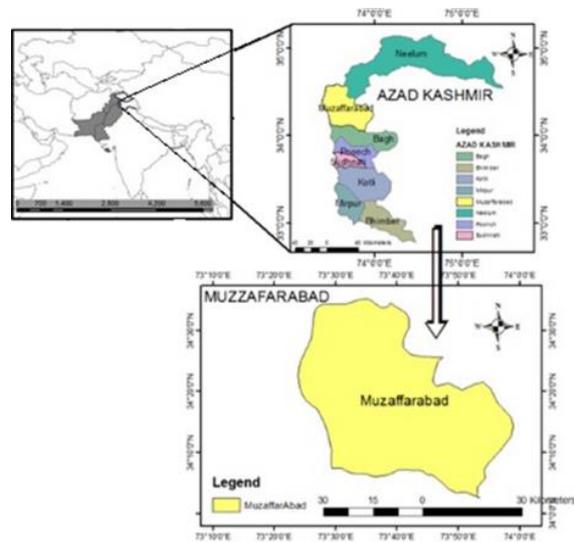


图 研究区域的相对位置和绝对位置

■ 作者信息

Sumbal Bahar Saba

National Centre of Excellence in Geology, University of Peshawar, Peshawar, 25130, Pakistan

本文发表于: Natural Hazards 2023年 115卷 2383-2398页

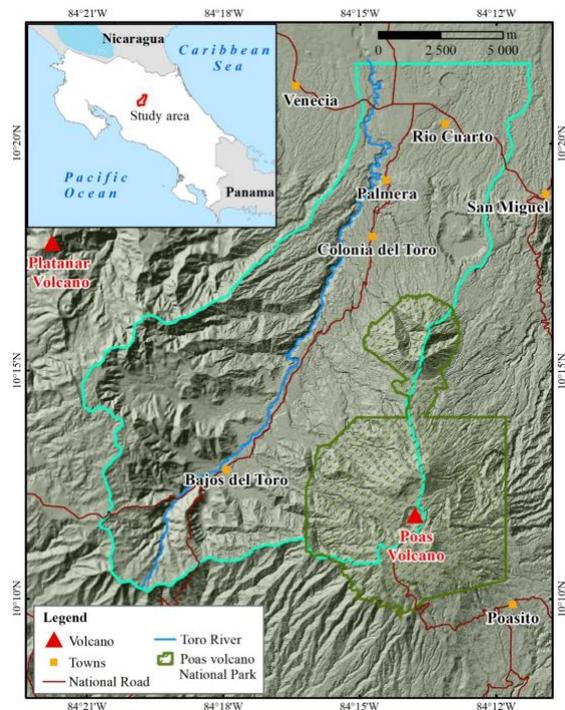
全文链接: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s11069-022-05642-y>

热带火山环境下同震滑坡分区的地震和地貌评估

Seismic and geomorphic assessment for coseismic landslides zonation in tropical volcanic contexts

■ 摘要译文

波阿斯 (Poás) 火山是哥斯达黎加的一座活火山, 其侧翼存在强烈的构造活动。历史上, 该火山曾发生过强烈的地震, 引发了许多山体滑坡, 造成了人员伤亡和巨大的经济损失。2009 年的辛可纳 (Cinchona) 地震 (震级 6.2, 深度 4.6 公里) 就是其中的一个例子。我们旨在根据地震数据和对波阿斯火山西北部的地貌评估来确定滑坡分区, 其中地貌评估采用了基于定性方法和地貌测量参数相结合的方法。结果预估了 $M_w 6.8$ 地震可能造成的影响。易发性填图和模型显示, 该方法与之前为波阿斯火山周围地区开发的其它方法之间存在正相关关系, 并与 2009 年辛可纳地震引起的山体滑坡相一致。最终的同震滑坡易发性分区表明, 52% 的地区容易发生滑坡。此外, 滑坡高发区与圆锥形火山地貌、活动断裂构造和/或斜坡大于 15° 的构造地貌单元之间存在关系。拟议的分区有助于土地利用规划和民事保护机构确定快速反应方向, 减少未来滑坡的影响。此外, 这种方法可以应用于世界范围内的活动构造和火山地区。



研究区域地图

■ 作者信息

Mario Arroyo-Solórzano

Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain

本文发表于: Natural Hazards 2022 年 114 卷 2811-2837 页

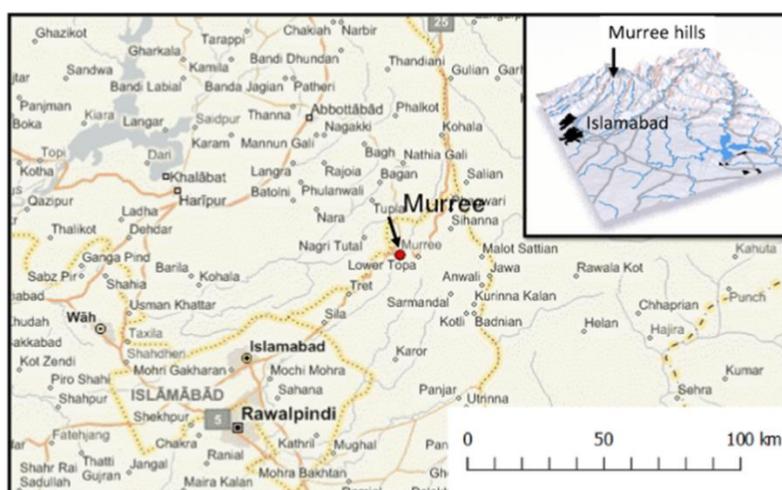
全文链接: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s11069-022-05492-8>

泥岩边坡潜在滑坡危险性评估通用模型的开发：模糊逻辑和分子级建模方法

Development of a universal landslide hazard potential model for mudrock slopes: fuzzy logic and molecular-level modelling approaches

■ 摘要译文

由于水分诱导膨胀和随后的泥岩崩解而导致的抗剪强度降低是山区滑坡灾害的主要原因之一。在实践中，用于识别这种危害的经验/半经验方法主要基于宏观因素。然而，这些方法没有全面考虑影响复杂膨胀/崩解过程的微观因素。因此，本研究开发了一个基于模糊逻辑的综合模型，该模型包括宏观滑坡诱导因素和微观因素，如矿物学、胶结作用、阳离子交换能力、原位含水量、密度和应力状态。该模型是根据溶胀的分子模拟开发的，并且使用蒙特卡罗模拟、分子力学和分子动力学确定了随后的泥岩崩解过程。将微观模型的结果与模糊逻辑模型相结合，建立了一个泥岩边坡潜在滑坡灾害评估通用模型。通过泥岩的内聚能密度参数，将微观行为纳入耦合模型。通过对滑坡的准确预测，并通过将预测的终端含水量与从实际滑坡中收集的泥岩样本的含水量进行比较，验证了最终的耦合模型。



研究区域图

■ 作者信息

Habib ur-Rehman

Civil Engineering Department, National University of Computer and Emerging Sciences (NUCES), Lahore, Pakistan

本文发表于: Natural Hazards 2023年01月19日

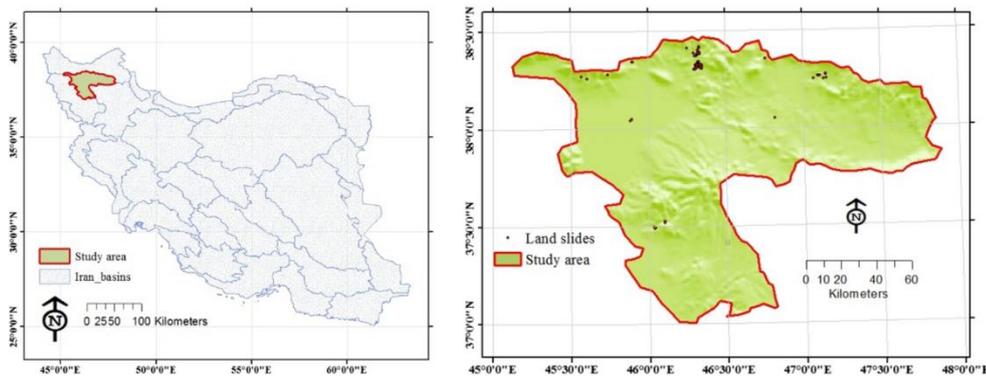
全文链接: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s11069-023-05826-0>

运用基于 GIS 的多准则决策分析和区域增长算法识别非特定条件下的滑坡易发区

Identification of landslide-prone zones using a GIS-based multi-criteria decision analysis and region-growing algorithm in uncertain conditions

■ 摘要译文

滑坡被认为是最严重的自然灾害之一。识别滑坡易发区是滑坡危害评估和减轻滑坡损失的重要阶段。作为基于 GIS 的多准则决策分析中最有效的方法之一，AHP 正越来越多地被用于易发性制图。然而，其权重具有一定程度的不确定性，这一问题可以使用区间比较矩阵（ICM）方法来解决。本研究的重要意义在于提出了一种基于 ICM 的区间数距离区域增长（IDRG）方法，用于识别伊朗乌尔米亚（Urmia）湖流域的滑坡易发区。为了评估所提出的 IDRG 方法的有效性，使用常见的 AHP 方法生成了滑坡易发性图。为了生成这些地图，使用传统 AHP 法的两两比较矩阵和 ICM 法确定了九个条件因子的权重。通过 ROC（接收器工作曲线）和已知滑坡发生的数据集，评估了生成易发性图的准确性。结果表明，通过使用 IDRG 方法识别滑坡易发区，精度提高了约 11%。这一改进是通过最小化传统 AHP 中的与标准排序/加权相关的不确定性，并将易发区域识别为区域而非像素来实现的。最后，通过敏感性分析证明了该方法的强效性。



伊朗乌尔米亚湖流域图

■ 作者信息

Sara Beheshtifar

Surveying and Geomatics Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, 29 Bahman Blvd, Tabriz, Iran

本文发表于: Natural Hazards 2023年115卷1475-1497页

全文链接: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s11069-022-05603-5>