



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 (2020 年第 4 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。新时代党和国家事业发展对地质工作的要求发生了重大变化，党的十九大报告中明确提出要“加强地质灾害防治”。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 2020 年滑坡专辑的第 4 期，收录了选自 Elsevier 数据库的 10 篇文章，重点关注滑坡活动率的全球分析与模型、滑坡灾害纳入城市规划时欧洲各国所采用的不同立法以及基于无监督因子优化和正则贪心森林建立滑坡空间模型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

滑坡灾害纳入欧洲各地城市规划	1
研究不同滑坡定位技术、滑坡分区方法和存在-缺失平衡对滑坡易发性制图的影响	2
利用多元地质统计技术绘制浅层滑坡灾害区划区域降雨阈值图	3
降雨和地震期间孔隙水压力增大时的滑坡空间概率评估：以厚真町 (ATSUMA) 和乌米永 (UMYEON) 山为例	4
滑坡活动率：全球分析与模型	5
用于滑坡易发性模型训练的系统样本细分策略	6
基于无监督因子优化和正则贪心森林建立滑坡空间模型	7
贝叶斯优化卷积神经网络在滑坡易发性评价中的应用	8
使用 <i>r.landslide</i> 进行滑坡易发性制图：一款基于人工神经网络的免费开源 GIS 集成工具	9
喜马拉雅地区易滑坡的岩质路堑边坡稳定性评价：一种基于有限元的方法	10



获取更多地学文献信息，请关注“移动图书馆”

本刊由“地学文献信息更新与服务”项目支持

专辑主编：向 铨

审 稿：殷跃平（特约专家）

审 核：马翠凤

联系电话：(010)66554803

联系人：向 铨

电子信箱：2652877979@qq.com

滑坡灾害纳入欧洲各地城市规划

Integration of landslide hazard into urban planning across Europe

■ 摘要译文

本文采用基于调查和参与性分析的方法，以确定欧洲各国在将滑坡灾害纳入城市规划时所采用的不同立法的优缺点。21个国家和8个区域地质调查局(GSs)参加了该分析。GSs报告表明，最近两年(2015~2017年)，发生了近4000起破坏性山体滑坡事件，共造成39人死亡、155人受伤，导致房屋、基础设施损毁以及财产损失。另外，其中11个国家的调查报告表明，过去10年发生了18起莫尔(MORLE)事件，导致150人死亡以及严重的经济影响。研究结果还表明，约有4800万人生活在滑坡易发性高或极高的地区(根据EL SUS v2，约100万平方公里)。这项工作表明，几乎一半的参与国(10个国家)在国家土地法案中没有相关的法律指导，以明确城市规划实践中应考虑滑坡问题，而且制图工具往往不适应可持续发展所需的标准。此外，在制图方法、比例尺和制图程序方面的法律法规多样且差异极大。在许多国家发现的一个相关不足是针对解决城市规划问题缺乏高分辨率滑坡地图。此外，本文还探讨了一些已知不稳定地区城市发展实践中做法欠妥的案例，并发现这些案例与法治薄弱或缺乏善政有关。本文指出了欧洲各国在处理滑坡方面的一致性，并提出了一系列改善这一状况的关键措施，强调需要建立一个共同的监管框架来妥善处理这一地质灾害。

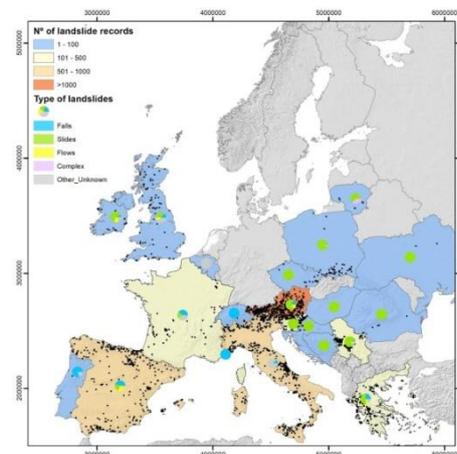


图 根据欧洲地质调查局 E0EG 生成的 2015 至 2017 年破坏性滑坡编录。饼图表示了每个成员国中滑坡的分类情况。共记录了

3 907 次破坏性滑坡 (黑点); 奥地利是滑坡发生最多的国家。坐标参照系: 欧洲 ETRS89-LAEA.

■ 作者信息

Rosa María Mateos¹

1. Geological Survey of Spain, Department of Natural Hazards, Calle R ós Rosas, 23,
28003 Madrid, Spain

本文发表于: Landscape and Urban Planning 2020 年 4 月第 196 卷 103740

全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204619308874>

研究不同滑坡定位技术、滑坡分区方法和存在-缺失平衡对滑坡易发性制图的影响

Investigating the effects of different landslide positioning techniques, landslide partitioning approaches, and presence-absence balances on landslide susceptibility mapping

■ 摘要译文

区域性滑坡的早期预警系统 (Te-LEWS) 在世界范围内得到广泛应用, 它主要通过气象参数的预测预报来处理大面积区域内因气象原因引发的滑坡。然而, 单凭气象监测数据预测预报不够全面, 没有考虑到引发滑坡的关键控制因素土壤条件。滑坡事发地具体情况不同, 可能会因各种各样的天气事件而引发山体滑坡。因此, 在区域范围将岩土监测数据融合到气象类滑坡预警模型中, 可以为某一特定天气事件引发滑坡的可能性提供有效补充信息。本文提出一种将广泛的气象监测和孔隙水压力测量相结合的方法, 并将其应用于挪威 30 个极易受气象条件影响引发滑坡的水文流域。通过一系列的参数分析, 评价了水压计在不同网格配置下预测的准确性。文中介绍并讨论了该预警模型首次应用的结果。本研究对一种经济上可持续, 技术上可信赖的岩土监测方案首次尝试限定使用条件, 这一方案可以预测较大区域范围内因气象原因引发滑坡的条件。

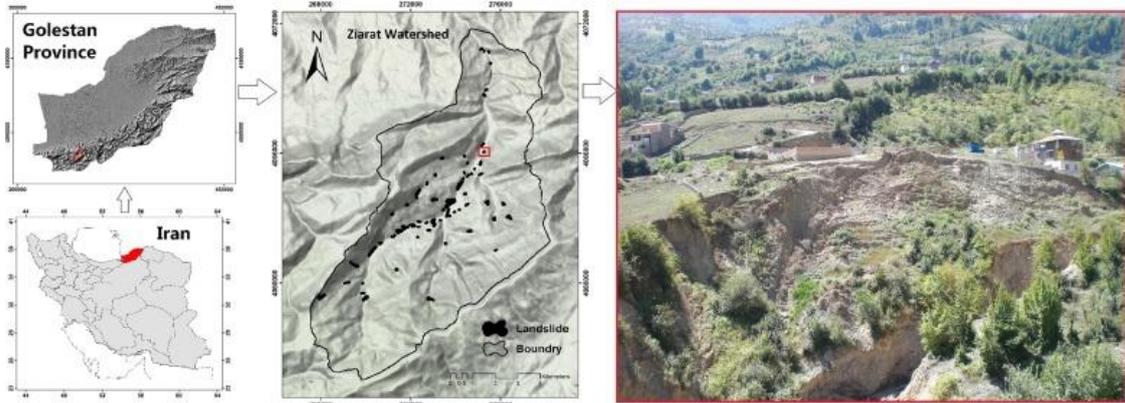


图 研究区在伊朗戈勒斯坦省的位置 (左), 齐亚拉特流域的地貌晕渲 (中) 和研究区内最大的旋转滑动照片 (右)

■ 作者信息

Hamid Reza Pourghasemi¹

1. Department of Natural Resources and Environmental Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

本文发表于: CATENA 2020 年 4 月第 187 卷 104364

全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816219305065>

利用多元地质统计技术绘制浅层滑坡灾害区划区域降雨阈值

图

Regional rainfall threshold maps drawn through multivariate geostatistical techniques for shallow landslide hazard zonation

■ 摘要译文

诱发浅层滑坡失稳的经验降雨阈值 (ERTs) 在世界范围内被广泛应用, 并且大多数应用到滑坡预警系统中。尽管如此, 自上个世纪八十年代开创性地进行 ERTs 工作以来, 只有气象变量——即可能诱发滑坡的累积降雨量 E 、降雨强度 I 和降雨持续时间 D ——被用来预测滑坡的发生, 尽管它们具有很大的不确定性。随着时间的推移, 人们致力于通过滑坡位置的地形特征对 ERT 进行约束, 但至今仍未找到一种可靠的新方法来推导 ERT 并提升其对未来降雨型滑坡的预测能力。在本研究中, 我们利用协克里格 (co-kriging) 技术限制一个区域 ERT 的 E 、 D 平均值及其置信区间, 并考虑局部的地形特征。该研究区位于意大利阿布鲁佐 (Abruzzo) 地区的丘陵地带, 在此对所提出的方法进行了训练。在这里, 通过收集 62 对 (D , E) 与降雨相关的数据, 对 2013~2017 年期间的 62 个降雨型浅层滑坡进行了分析。通过主成分分析选择了研究区的相关地形特征。然后, 在 ISATIS 地理变异软件上运用多配位协同克里格技术, 得出了由所选地形参数所控制的 E 值和 D 值的空间变异结构。因此, 计算了 E 和 D 的阈值及其置信区间, 生成了一种由 (D , E) 的连续估计阈值和置信区间图组成的新形态区域 ERT, 并适用于浅层滑坡失稳的早期预警系统。

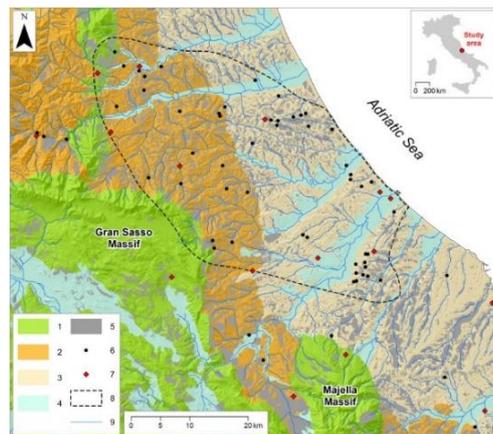


图 包含研究区的阿布鲁佐大区地质岩性图。图例: 1) 碳酸盐沉积; 2) 砂岩和泥岩互层; 3) 泥灰质黏土沉积; 4) 陆相沉积; 5) 未分类的不稳定区; 6) 浅层滑坡 (据 PAI, 2008); 7) 雨量数据; 8) 研究区范围; 9) 主要河流和小溪

■ 作者信息

Giovanna Vessia¹

1. Department of Engineering and Geology, University “G.d'Annunzio” of Chieti-Pescara, Italy

本文发表于: Science of The Total Environment 2020 年 2 月第 705 卷 135815

全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719358103>

降雨和地震期间孔隙水压力增大时的滑坡空间概率评估：以厚真町 (Atsuma) 和乌米永 (Umyeon) 山为例

Spatial probability assessment of landslide considering increases in pore-water pressure during rainfall and earthquakes: Case studies at Atsuma and Mt. Umyeon

■ 摘要译文

降雨入渗和循环荷载引起的孔隙水压力增大是边坡失稳的主要诱因。大量的研究以物理模型为基础评估了降雨型滑坡的空间概率，并结合水文模型分析降雨引起边坡孔隙水压力的变化。然而，在评价地震型滑坡的易发性时，往往会忽略地震荷载引起的孔隙水压力的增大。因此，本文提出了一个同时考虑降雨和地震过程中孔隙水压力增大的模型来评估滑坡空间概率。该方法包括两个主要步骤。第一步，我们分析了降雨期间由降雨入渗和潜流引起的地下潜水面变化。第二步，考虑地震循环荷载作用产生的超孔隙水压力，采用无限边坡模型计算边坡安全系数。根据边坡安全系数建立了滑坡空间概率。通过对2018年9月6日发生在日本厚真町(Atsuma)的地震诱发的降雨型滑坡事件的分析，验证了该模型的有效性。根据我们的研究结果，厚真町 (Atsuma) 滑坡资料 ROC 曲线下面积为 82.4%，不稳定边坡分类的正确率为 98.1%。接着我们将该模型应用于韩国的乌米永 (Umyeon) 山，以评估地震诱发的降雨型滑坡的空间概率。该模型将滑坡发生的可能性分成了高、中、低和极低四个易发性级别。我们还将所得结果与已有模型进行了比较，结果表明，该方法可以在降雨和地震事件中提供合理准确的滑坡空间概率预测。

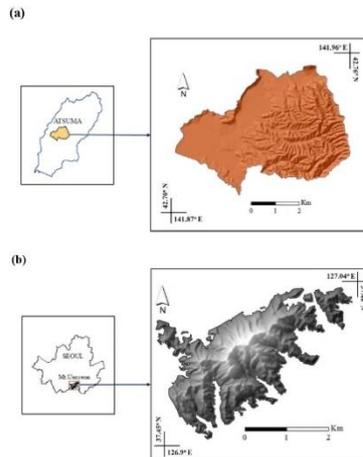


图 研究区地理位置：(a) 验证研究区 (日本北海道厚真町)；(b) 应用研究区 (韩国乌米永山)

■ 作者信息

Ba-Quang-Vinh Nguyen¹

1. Dept. of Ocean Engineering, Pukyong National Univ., Busan, Republic of Korea

本文发表于：CATENA 2020年4月第187卷 104317

全文链接：<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S034181621930459X>

滑坡活动率：全球分析与模型

Landslide mobilization rates: A global analysis and model

■ 摘要译文

滑坡是地貌演化的主要驱动力，也是世界许多地区的主要沉积物来源。然而，它们在沉积物运动和剥蚀过程中的作用仍然缺乏量化，特别是在全球范围内。基于大量的文献综述，我们依据全球 116 个区域的研究，编制测算了现代滑坡活动率（即单位面积内平均每年流失的边坡物质体积； LMR ， $[m^3/km^2/y]$ ）。利用这个数据集，我们校准并验证了一个多元回归模型，该模型以十年时间为尺度模拟了 LMR 的全球模式。基于地形、地震活动和岩性变量，该模型可以解释 LMR 中 62% 左右的观测差异。通过在全球范围内应用该模型，并考虑观测和预测误差造成的不确定性，我们估计全球每年约有 560 亿立方米（约 100 亿吨）的滑坡活动。各洲和地区间的滑坡活动差异很大，亚洲占全球 LMR 的 68%（380 亿立方米）。中亚和东南亚的山脉（包括喜马拉雅山和喀喇昆仑山）只覆盖地球表面的 2%，却占据了 LMR 的 50%（280 亿立方米）。将本研究模拟的 LMR 与其他文献中的数据和模型进行了比较，结果表明：在构造活动强烈的地区，约 70% 的滑坡是由地震引发的。在全球范围内，同震滑坡对滑坡活动的贡献率可能在 30~40% 之间。利用已有的实测流域产沙量（ SY ）数据库，我们还对欧洲和非洲近 3 000 个流域的实测 SY 和估计 LMR 进行了统计比较。我们观察到欧洲（ $R^2: 0.35$, $p < 0.001$ ）和非洲（ $R^2: 0.2$, $p < 0.001$ ）的 LMR 和 SY 之间具有明显的相关性。此外，滑坡活动率通常大于相应的 SY 。总体而言，本研究首次对 LMR 的全球模式进行了估计。研究结果证实了滑坡作为地形剥蚀和沉积物运移的主导过程的重要性，同时也说明了这一过程的巨大区域差异以及流域内沉积物动力学的重要性。

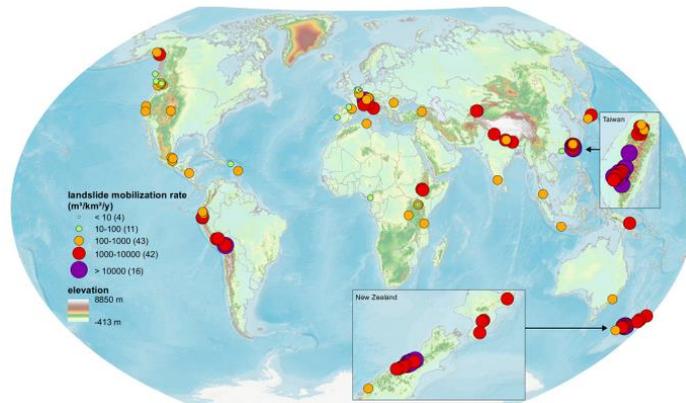


图 所编制滑坡活动率 (LMR) 的全球概览。括号中数字表示相应 LMR 等级中观测样本的数量

■ 作者信息

Jente Broeckx¹

1. Department of Earth and Environmental Sciences, KU Leuven, Celestijnenlaan 200E, 3001, Heverlee, Belgium

本文发表于：Earth-Science Reviews 2020 年 2 月第 201 卷 102972

全文链接：<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825219302557>

用于滑坡易发性模型训练的系统样本细分策略

Systematic sample subdividing strategy for training landslide susceptibility models

■ 摘要译文

目前,滑坡易发性建模(LSM)中训练样本的选择方法是将调查信息随机细分为训练样本和测试样本。但是当调查数据分布上存在差异时,随机过程选择训练样本可能导致机器学习(ML)/统计模型的训练效率低下。然而,一种系统的技术方法可以产生有效的训练样本,并且能很好地代表整个调查数据,特别是在调查信息缺乏的情况下。基于基本的概率分布(即海灵格)和一个包含调查数据信息的新图解(即调查信息曲线,IIC),本研究提出了一种系统的策略来处理这个问题。这个图解说明了在训练样本的容量增加时,可用信息也随之相应增加。在马来西亚金马仑高原(Cameron Highlands)选定的数据集上进行了实验,以验证所提出的方法。该数据集包含104个滑坡和7个滑坡条件因子(即海拔、坡度、坡向、土地利用、与河流的距离、与道路的距离和与构造线的距离),这些因子来源于基于激光雷达的数字高程模型和政府部门的专题地图。此外,利用三个ML/统计模型,即[数学处理误差] k -最近邻(KNN)、支持向量机(SVM)和决策树(DT)来评估所提出的LSM抽样策略。本研究讨论了模型的超参数、噪声和异常值对模型性能和IICs形状的影响。为了进一步评价该方法,基于受试者特性曲线下面积,将其与其他标准方法如随机抽样法(RS)、分层RS法(SRS)和交叉验证法(CV)进行了比较。结果表明:IICs有助于解释训练子集中的信息内容及其与原始调查数据集的差异。使用KNN、SVM和DT进行的定量评价表明,本文提出的方法在所有模型中均优于RS和SRS方法,在KNN和DT模型中优于CV方法。上述采样策略的提出使滑坡建模有了新的应用前景,如检测调查数据的容量和复杂程度,以及选择有效的训练样本以提高滑坡易发性模型的预测能力。

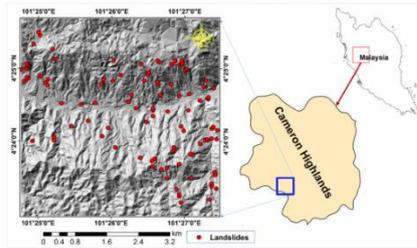


图 研究区位置(马来西亚金马仑高原的一部分)和滑坡编录图

■ 作者信息

Maher Ibrahim Sameen¹

1. The Centre for Advanced Modelling and Geospatial Information Systems (CAMGIS), Faculty of Engineering and Information Technology, School of Information, Systems & Modelling, University of Technology Sydney, NSW 2007, Australia

本文发表于: CATENA 2020年4月第187卷 104358

全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816219305004>

基于无监督因子优化和正则贪心森林建立滑坡空间模型

Landslide spatial modelling using unsupervised factor optimisation and regularised greedy forests

■ 摘要译文

本研究评估了基于稀疏自编码 (SAEs) 的无监督因子优化对正则化贪心森林 (RGFs) 法滑坡空间建模的贡献。通过野外实地调查识别了 952 处滑坡, 将它们平均分配, 训练和测试所提出模型。研究 10 个与滑坡相关的条件因子, 包括地形地貌 (即海拔、坡度、坡向、曲率、坡长、地形湿度指数和泥沙运移指数) 和地质环境 (即岩性、与道路距离和与河流距离), 与滑坡的空间关系。建模的步骤有两个。首先, 使用 SAE 对上述因素进行了优化, 以减少数据中的冗余和相关性。其次, 利用 RGF 绘制了优化后特征因素表示的滑坡易发性地图。利用受试者工作特性曲线下面积 (AUROC) 来评估所提出模型的预测能力。实验结果表明, 所提出的 SAE-RGF 模型在预测率方面优于 RGF 和随机森林模型 (RF), 且对过拟合和欠拟合的敏感性较低。SAE-RGF 模型仅用了 7 个特征因素, 就得到了最高的预测率 (AUROC=0.892), 优于其他两种方法 (RGF 和 RF)。包括 RGF 在内, 无监督因子优化方法不仅减少了计算时间, 而且提高了基于树型模型的预测精度。所生成的滑坡易发性地图可用于减轻滑坡灾害, 并帮助相关人员 (如规划师和工程师) 指明土地用途。

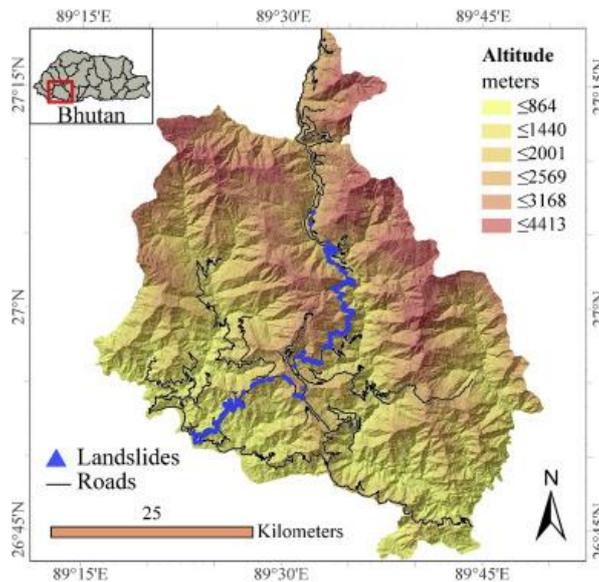


图 研究区位置及本文研究的滑坡编录

■ 作者信息

Maher Ibrahim Sameen¹

1. Center for Advanced Modeling and Geospatial System (CAMGIS), Faculty of Engineering and IT, University of Technology Sydney, CB11.06.106, Building 11, 81 Broadway, Ultimo, NSW, 2007, Australia

本文发表于: Computers & Geosciences 2020 年 1 月第 134 卷 104336

全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009830041930456X>

贝叶斯优化卷积神经网络在滑坡易发性评价中的应用

Application of convolutional neural networks featuring Bayesian optimization for landslide susceptibility assessment

■ 摘要译文

本研究利用一维卷积网络(1D-CNN)与贝叶斯优化方法,开发了一套以深度学习为基础的技术,用以评估韩国阳阳(Yangyang)省南部地区的滑坡易发性。本研究共使用219个滑坡点数据和17种滑坡条件变量用于建模。数据显示了一个复杂的情况。过去的一些滑坡分布至陡坡上,而另一些则延伸到平坦的地形上。使用随机森林(RF)作为预处理措施,只保留了重要的因素供进一步分析。为了选择CNN超参数,采用了贝叶斯优化方法。在本研究中,有三种方法有助于克服因训练样本数据较少而造成的过度拟合问题。首先,RF对关键因素的选择有助于降低信息维度。其次,经过一维卷积的CNN模型可显著减少其参数数量。第三,高信息丢弃率(0.66)也有助于减少CNN参数。使用总体精度、受试者工作特性曲线下面积(AUROC)和5折交叉验证评估了模型。将CNN的性能与ANN和SVM进行了比较。CNN在测试数据集(83.11%)和AUROC(使用测试和5折CV的结果分别为0.880、0.893)上获得了最高的准确性。贝叶斯优化将CNN的准确率提高了约3%(与默认配置相比)。由于其复杂的体系架构,且通过卷积和池化运算处理了空间相关性,CNN的性能优于ANN和SVM。在一些变量对滑坡发生有非线性影响的复杂情况下,该方法有助于绘制滑坡易发性地图。

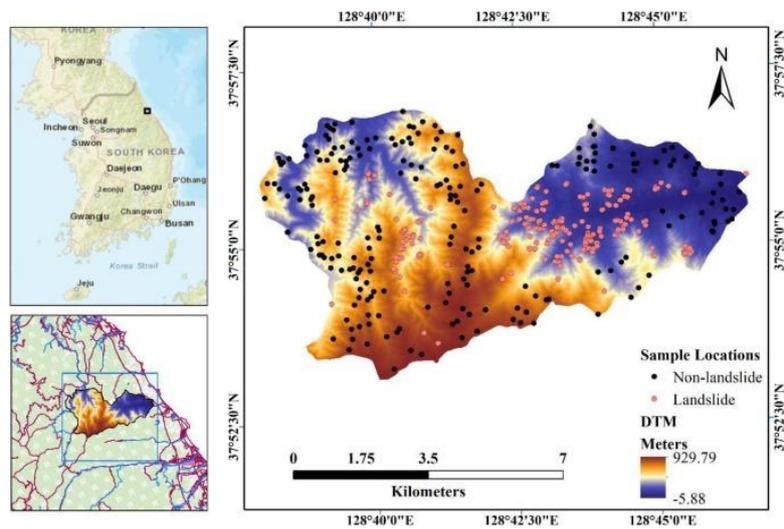


图 研究地区的滑坡编录图

■ 作者信息

Maher Ibrahim Sameen¹

1. Centre for Advanced Modelling and Geospatial Information Systems (CAMGIS), Faculty of Engineering and Information Technology, University of Technology Sydney, Building 11, Level 06, 81 Broadway, Ultimo, NSW 2007, PO Box 123, Australia

本文发表于: CATENA 2020年3月第186卷104249

全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816219303911>

使用 *r.landslice* 进行滑坡易发性制图：一款基于人工神经网络的免费开源 GIS 集成工具

Landslide susceptibility mapping with *r.landslice*: A free open-source GIS-integrated tool based on Artificial Neural Networks

■ 摘要译文

本研究提出一个免费的、开放源码的拓展工具 *r.landslice*，将其附加到开源地理信息系统（GIS）的 GRASS 软件中可用于滑坡易发性制图。该工具是用 Python 语言编写的，并建立在一个由环境参数和滑坡数据库组成的人工神经网络（ANN）之上。为了说明这款开发工具的应用和效果，本文以巴西阿雷格里港（Porto Alegre）市为例进行了研究。将得到的滑坡易发性地图与巴西地质调查局（CPRM）发布的滑坡易发性地图进行了对比，并使用未观测（新）的滑坡记录进行了直接比较，结果表明 *r.landslice* 可以更好地识别和定位滑坡易发区域。该模块可支持自然灾害管理机构和土地利用规划机构，以灵活有效的方式编制滑坡易发性地图。

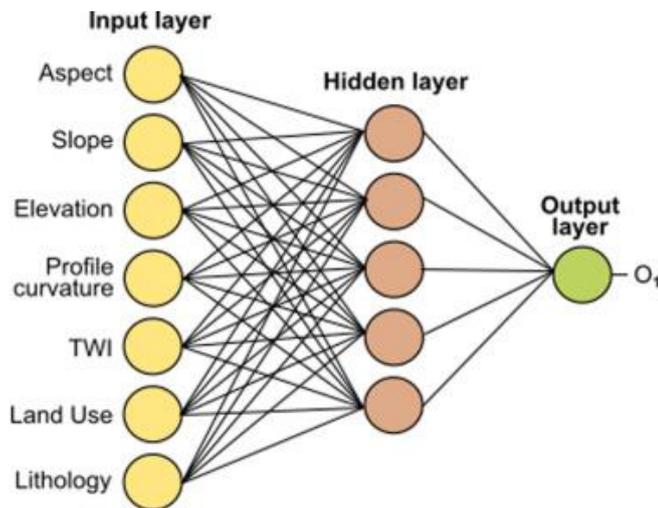


图 ANN7-5-1 架构（7 个输入神经元，5 个中间层神经元和 1 个输出神经元）

■ 作者信息

L. Bragagnolo¹

1. Federal University of Fronteira Sul, Rodovia RS 135 km 72, CEP 99.700-000, Erechim, RS, Brazil

本文发表于：Environmental Modelling & Software 2020 年 1 月第 123 卷 104565
全文链接：<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815219300647>

喜马拉雅地区易滑坡的岩质路堑边坡稳定性评价：一种基于有限元的方法

Stability assessment of landslide-prone road cut rock slopes in Himalayan terrain: A finite element method based approach

■ 摘要译文

随着城市化进程的加快以及对大坝、隧道、桥梁、道路拓宽等地质工程项目需求的不断增加，大规模的边坡失稳不断加剧。连接印度德里（Delhi）和巴德里纳特（Badrinath）的 58 号国道穿越了复杂的地形和地质区域，存在多处易发生失稳的路堑边坡。在本次调查中，对喜马拉雅山脉里希凯什（Rishikesh）至德普雷亚（Devprayag）的公路路堑边坡进行了详细的岩土工程评价。采用 Phase2D 有限元模拟仿真软件，对 20 个脆弱的路堑边坡进行了详细的边坡稳定性分析。采用非线性广义 Hoek-Brown (GHB) 准则进行了稳定性分析。在 20 个边坡中，有 5 个边坡（S6、S7、S18、S19 和 S20）不稳定，安全系数（FoS）小于或等于 1，因此需要立即予以注意；4 个边坡（S2、S9、S13 和 S17）的 FoS 值介于 1 和 1.3 之间，即临界稳定；边坡 S1、S3、S4、S5、S8、S10、S11、S12、S14、S15 和 S16 则处于稳定状态。采用 Mohr-Coulomb (MC) 准则对上述边坡进行稳定性分析，并与 GHB 准则进行比较。当安全系数 FoS 值较低时，两者计算获得的 FoS 值较为接近，而当安全系数 FoS 值较高时，两者差异较大。对于喜马拉雅地区的节理岩体，采用非线性 GHB 准则比采用 MC 准则效果更好，且前者与现场条件更吻合。据此，提出了一些加强路堑边坡稳定性的建议。

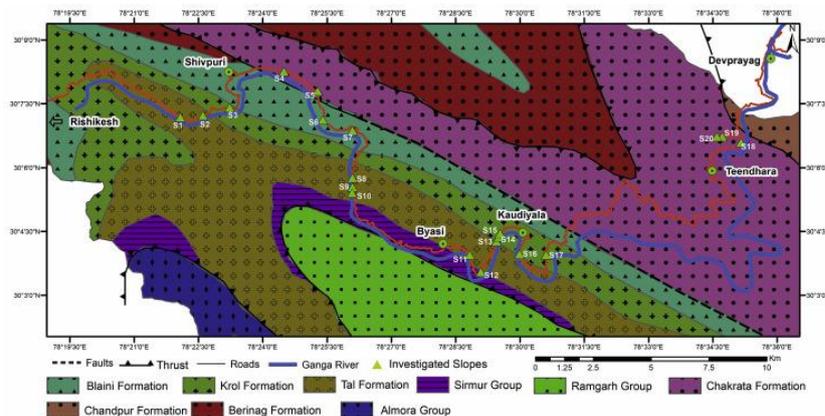


图 研究区地质图及所调查公路路堑边坡的位置 (据 Siddique 和 Pradhan, 2018)

■ 作者信息

Sarada Prasad Pradhan¹

1. Department of Earth Sciences, Indian Institute of Technology Roorkee, Roorkee, 247667, India

本文发表于: Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 2020 年 2 月
第 12 卷 1 期 59–73 页

全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674775518305328>