



پیش بینی حساسیت به زمین لغزش حوزه آبخیز پلرود با روش های یادگیری ماشین

مرضیه حیدری^۱، علی فضل الهی^{۲*}، سید پدرام نیوا^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران.

۲- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران.

۳- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری (حفاظت آب و خاک)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	زمین لغزش یکی از مهم ترین مخاطرات ژئومورفولوژیکی است که تهدیدی جدی برای منابع طبیعی، زیرساخت ها و سکونت گاه های انسانی محسوب می شود. هدف این پژوهش، پهنه بندی حساسیت زمین لغزش در حوزه آبخیز پلرود با استفاده از الگوریتم های یادگیری ماشین و ارزیابی تطبیقی عملکرد آن ها بود. بدین منظور، سه الگوریتم جنگل تصادفی (RF)، ماشین بردار پشتیبان (SVM) و درخت تصمیم (DT) به کار گرفته شد و ۱۹ متغیر مؤثر در قالب عوامل توپوگرافی، هیدرولوژیکی و محیطی - انسانی در فرایند مدل سازی مورد استفاده قرار گرفت. داده های رخداد زمین لغزش به صورت تصادفی به دو بخش ۷۰ درصد برای آموزش و ۳۰ درصد برای ارزیابی مدل ها تقسیم شدند. عملکرد مدل ها با استفاده از شاخص هایی، شامل سطح زیر منحنی (AUC)، دقت کلی، حساسیت، ویژگی، صحت، ضریب همبستگی R، امتیاز F1، CV-ROC و ضریب کاپا ارزیابی شد. نتایج نشان داد الگوریتم RF نسبت به سایر مدل ها توان بالاتری در شناسایی الگوی مکانی حساسیت زمین لغزش داشته و با ارائه توزیع واقع بینانه تر از پهنه های پرخطر، حدود ۲۴ درصد از مساحت حوضه را در کلاس حساسیت زیاد طبقه بندی کرد. لذا، مقدار AUC برابر ۰/۷۵ و CV-ROC برابر ۰/۹۷ بیانگر پایداری مناسب مدل است، هرچند دقت کلی ۰/۶۲ اثر نامتوازن بودن داده ها را نشان می دهد. در مقابل، مدل SVM گرایش بیشتری به طبقه بندی نواحی کم خطر داشت و مدل DT پایداری کمتری نشان داد. تحلیل اهمیت متغیرها نقش برجسته شاخص های مورفومتری TRI و TPI و متغیرهای هیدرولوژیکی SPI و CN را در کنترل ناپایداری دامنه ها تأیید کرد. در مجموع، نتایج پژوهش برتری الگوریتم RF و کارایی و قابلیت اطمینان بیشتر آن در پهنه بندی حساسیت زمین لغزش را تأیید می کند.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۲	
دسترسی آنلاین: ۱۴۰۵/۰۲/۳۰	
کلید واژه ها: پهنه بندی، جنگل تصادفی، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مخاطرات طبیعی، ناپایداری دامنه ها	



Prediction of Landslide Susceptibility in the Polroud Watershed Using Machine Learning Methods

Marziyeh Heydari¹, Ali Fazlollahi^{2✉}, Seyed Pedram Nainiva³

- 1- M.Sc. Student, Department of Rang and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmehsara, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Rang and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmehsara, Iran.
3- Ph.D. in Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Received:
2025/12/29

Accepted:
2026/05/12

Available online:
2026/05/20

Keywords

Zonation, Random Forest, Geographic Information System (GIS), Natural Hazards, Slope Instability

Abstract

Landslides are among the most significant geomorphological hazards, posing a serious threat to natural resources, infrastructure, and human settlements. The aim of this study was to perform landslide susceptibility zonation in the Polroud Watershed using machine learning algorithms and to evaluate their performance comparatively. For this purpose, three machine learning algorithms Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM), and Decision Tree (DT) were employed, and 19 landslide conditioning factors, categorized into topographic, hydrological, and environmental–anthropogenic groups, were utilized in the modeling process. The landslide inventory data were randomly divided into training (70%) and testing (30%) datasets for model evaluation. The performance of the models was evaluated using metrics including the Area Under the Curve (AUC), overall accuracy, sensitivity, specificity, precision, correlation coefficient (R), F1-score, CV-ROC, and Cohen's kappa coefficient. The results showed that the RF algorithm outperformed the other models in identifying the spatial pattern of landslide susceptibility and, by providing a more realistic distribution of high-susceptibility zones, classified approximately 24% of the watershed area as high susceptibility. Accordingly, the AUC value of 0.75 and CV-ROC of 0.97 indicate appropriate model stability, although the overall accuracy of 0.62 reveals the impact of data imbalance. In contrast, the SVM model showed a greater tendency to classify areas as low susceptibility, whereas the DT model exhibited lower stability. Variable importance analysis confirmed the prominent role of the morphometric indices TRI and TPI, as well as the hydrological variables SPI and CN, in controlling slope instability. Overall, the research results confirm the superiority of the RF algorithm and its greater efficiency and reliability in landslide susceptibility zonation.

✉ Corresponding author E-mail address: Ali.Fazlollahi79@gmail.com