

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۴، شماره ۴۳، پیاپی ۱، بهار ۱۴۰۴

پیش‌بینی مناطق مستعد سیل با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین خطی تعمیم‌یافته و بیشینه‌آنتروپی

عبدالعزیز حنیفی‌نیا^۱، هیراد عبقری^{۲*} 

۱. دانشجوی دکتری مدیریت حوزه‌های آبخیز، دانشگاه ارومیه

۲. دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه ارومیه (نویسنده مسئول)

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	هدف این مطالعه، شناسایی عوامل موثر، تهیه نقشه‌های پیش‌بینی خطرات سیل با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و در انتها ارزیابی کارایی این مدل‌ها در حوزه آبخیز زیوه ارومیه می‌باشد. برای این منظور از عوامل محیطی و انسانی شامل شاخص‌های مورفومتری، شاخص توان آبراهه (SPI)، شاخص طول شیب (LS)، شاخص خیزی توپوگرافی (TWI)، شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI)، شاخص ناهمواری زمین (TRI)، شاخص تعادل جرم (MBI)، شاخص انحنای پروفیل (Profile Curvature) و شاخص انحنای سطح (Plan Curvature)، بارندگی، ارتفاع حوضه، درجه شیب، جهت شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی، شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، فاصله از آبراهه، فاصله از روستا و فاصله از گسل استفاده شد. برای این منظور با استفاده از بازدهی‌های میدانی و تصاویر گوگل ارث و منابع دریافتی از ادارات، تعداد ۹۶ نقطه سیل در حوضه شناسایی شدند. لایه‌های مربوط به شاخص‌های مورفومتری از مدل رقومی ارتفاعی (۱۲/۵×۱۲/۵) متر و در محیط SAGA_GIS و نقشه‌های عوامل محیطی و انسانی در سامانه اطلاعات جغرافیایی ArcGIS تهیه و رقومی شدند. نتایج ارزیابی دو مدل با استفاده از منحنی ROC برای مدل‌های یادگیری ماشین (ML) نشان داد که مدل بیشینه‌آنتروپی با $AUC = 0.916$ و مدل خطی تعمیم‌یافته با $AUC = 0.902$ دارای عملکرد عالی در پهنه‌بندی حساسیت محدوده مطالعاتی به سیلاب بوده‌اند. همچنین نتایج حاصل از شاخص کاپا برای مدل برتر نشان داد که عوامل محیطی شامل زمین‌شناسی، فاصله از آبراهه، ارتفاع و شیب بیشترین تاثیر و کمترین تاثیر مربوط به عامل‌های شاخص انحنای پروفیل، کاربری اراضی و شاخص تعادل جرم بوده است. شناسایی مناطق پر خطر و تعیین عوامل موثر بر رخداد سیلاب‌ها در این حوضه در امر کاهش خسارت‌های احتمالی می‌تواند بسیار کارآمد باشد.

استناد: حنیفی‌نیا، عبدالعزیز، عبقری، هیراد. (۱۴۰۴). پیش‌بینی مناطق مستعد سیل با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین خطی تعمیم‌یافته و

بیشینه‌آنتروپی. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۴(۴۳)، ۱۹-۲۲. DOI: 10.22111/jneh.2024.47730.2021



© عبدالعزیز حنیفی‌نیا، هیراد عبقری*

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

مقدمه

سیل یکی از شایع ترین پدیده‌های ایجاد مخاطرات طبیعی در سراسر جهان است که وقوع و شدت آن تحت تاثیر دو عامل فعالیت های انسانی و تغییرات آب و هوایی است (اسماعیلی و طاهری، ۱۴۰۱ و تبری^۱، ۲۰۲۰). سیلاب هر ساله خسارات جانی و مالی بسیار زیادی به دنبال دارد. پیش بینی‌ها نشان داده‌اند که خسارات جانی سیلاب در سال‌های اخیر در دنیا به بیش از ۵۰۰۰ کشته در سال می‌رسد (ال-راوی^۲ و همکاران، ۲۰۲۳). عوامل موثر در مخاطرات طبیعی در هر حوضه به شرایط خاص حاکم بر آن حوضه بستگی دارد. با این حال، به طور کلی عوامل موثر در یکی از دسته‌های عوامل انسانی، عوامل طبیعی و شاخص های مورفومتریک دسته‌بندی می‌شوند. الگوریتم‌های مبتنی بر GIS و یادگیری ماشین (ML^۳) در حال حاضر یکی از بهترین روش‌ها برای تولید نقشه‌های خطر سیلاب است (پناهی^۴ و همکاران، ۲۰۲۱). ماهیت غیرخطی بودن رویدادهای طبیعی مانند سیل توسط این الگوریتم‌ها می‌تواند به خوبی پوشش داده شود. وقوع سیل در آبخیز زیوه تحت تاثیر عوامل مستعد کننده‌ای مانند ویژگی‌های هیدرولوژیکی، زمین ساختی، توپوگرافی و عوامل انسانی مانند تغییر کاربری اراضی روند صعودی داشته و منجر به افزایش خسارات محسوس و غیر محسوس در این منطقه شده است. هدف اصلی این مطالعه تهیه نقشه پهنه بندی مناطق مستعد سیل و پیش بینی وقوع سیل با استفاده از الگوریتم های یادگیری ماشینی قدرتمند است. اهداف ثانویه شامل شناسایی موثرترین عوامل در این پدیده با استفاده از شاخص کاپا و ارزیابی دقت و پایایی این مدل ها می باشد.

داده‌ها و روش‌ها

حوضه آبخیز زیوه با مساحتی بالغ بر ۲۱۶۸۶ هکتار در جنوب غربی شهرستان ارومیه و در بخش مرگور سیلوانه قرار دارد. رودخانه خروجی حوضه یکی از سرشاخه‌های اصلی ورودی به دریاچه ارومیه به شمار می‌رود. ارتفاع میانی حوضه زیوه حدود ۲۲۶۵ متر است و شیب متوسط حوضه زیوه حدود ۱۶/۵ درجه است.

تعداد ۹۶ نقطه سیلابی با استفاده از بازندهای صحرایی و اداره منابع طبیعی تهیه گردید. از نقشه مدل رقومی ارتفاعی تهیه شده لایه‌های اطلاعاتی ارتفاع، درجه شیب، جهت شیب، شبکه آبراهه و شاخص‌های مورفومتری تهیه گردید. به علت نبود ایستگاه بارانسنجی از ۱۳ ایستگاه اطراف حوضه با روش کریجینگ ساده لایه بارندگی استخراج شد. لایه کاربری اراضی از تصاویر بروز شده سال ۲۰۲۲ تهیه گردید. به منظور تهیه لایه لیتولوژی و فاصله از گسل‌ها از نقشه توپوگرافی ۱:۱۰۰۰۰۰ برگه سیلوانه استفاده شد. لایه روستاهای منطقه به وسیله نرم افزار Google Earth و لایه NDVI از تصاویر خرداد ماه Sentinel_2 استخراج گردید. مزیت‌های مدل‌های یادگیری ماشین شامل قابلیت یادگیری از داده‌ها، تطبیق پذیری با تغییرات، قابلیت عمومیت در حوزه‌های مختلف، انعطاف پذیری در تنظیم پارامترها و امکان انجام پیش‌بینی‌های دقیق و قوی می‌شوند. این مدل‌ها به عنوان ابزارهای قدرتمندی در حل مسائل پیچیده و ارائه راه‌حل‌های هوشمند در بسیاری از حوزه‌ها شناخته می‌شوند (ها^۵ و همکاران، ۲۰۲۱ و ریاضی^۶ و همکاران،

¹ Tabari

² El-Rawy

³ Machine Learning

⁴ Panahi

⁵ Ha

⁶ Riazi

۲۰۲۳). در این مطالعه از دو مدل خطی تمیم یافته و بیشینه آنتروپی برای تهیه نقشه خطر استفاده و نتایج این دو مدل از طریق منحنی ROC ارزیابی شد.

نتایج و بحث

تحقیق حاضر با هدف پهنه‌بندی حساسیت سیلاب با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین بیشینه آنتروپی (Max Ent) و مدل خطی تعمیم یافته (GLM) در حوزه آبخیز زیوه ارومیه انجام شد. پس از تهیه نقشه پراکنش سیلاب‌های رخ داده و شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع، نقشه حساسیت‌پذیری منطقه به رخداد سیلاب‌ها با دو روش فوق تهیه گردید. نتایج حاصل از ارزیابی مدل‌ها با استفاده از منحنی ROC برای روش فوق نشان می‌دهد که نتایج هر دو مدل دارای عملکرد عالی ($AUC > 0.9$) در پیش‌بینی مناطق حساس به رخداد سیلاب می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از بررسی شاخص کاپا^۱ در مدل برتر (بیشینه آنتروپی) برای تعیین عوامل مؤثر بر رخداد سیلاب در منطقه مورد نظر نشان می‌دهد که به ترتیب زمین‌شناسی، فاصله از آبراهه، ارتفاع و شیب و شاخص زبری سطح بیشترین تاثیر و شاخص انحنای پروفیل، کاربری اراضی و شاخص تعادل کمترین تاثیر مربوط به شاخص زبری سطح زمین می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی و مدل‌سازی نشان داد که به طور میانگین بالای ۶۰ درصد حوضه در مناطق پر خطر و بحرانی قرار دارد. اگرچه در این مطالعه ارزیابی نتایج مدل بیشینه آنتروپی (۰/۹۱۶) نسبت به مدل خطی تعمیم یافته (۰/۹۰۲) بهتر بود اما این تفاوت بسیار اندک و فقط در حد ۰/۱ بوده است. سطح زیر منحنی برای هر دو مدل عملکرد عالی نقشه‌های ایجاد شده از این مدل‌ها را نشان می‌دهد. در حالت کلی مدیریت و کنترل سیلاب‌های به وقوع پیوسته و مناطق مستعد برای سیلاب که عامل اصلی وقوع آنان فعالیت‌های انسانی باشد، بسیار سخت‌تر از حالتی است که عوامل محیطی یا طبیعی به تنهایی اثر گذاشته باشد. در تمام مناطق کوهستانی سیلاب‌هایی که به صورت طبیعی و ذاتی رخ می‌دهند، یک حالت خود تنظیمی داشته و طبیعت به خودی خود این سیلاب‌ها را در اغلب موارد کنترل و مدیریت می‌کند. کنترل سیلاب‌های ناشی از دخالت انسان در طبیعت اغلب امکان‌پذیر نیستند و در صورت انجام بسیار پر هزینه خواهند بود. بر اساس نتایج حاصل از شاخص کاپا مشخص شد که عواملی مانند زمین‌شناسی، فاصله از آبراهه، ارتفاع و شیب بیشترین تاثیر را بر رخداد سیلاب داشته‌اند. بنابراین در این منطقه تاثیر عوامل طبیعی نسبت به عوامل انسانی بیشتر می‌باشد منتهی کوچکترین دخالت توسط انسان می‌تواند باعث ایجاد وضعیت بحرانی در این منطقه بشود.

منابع

اسماعیلی، رضا و طاهری، محمد (۱۴۰۱)؛ ارزیابی مناطق مستعد خطر سیلاب با نگرش فازی، مطالعه موردی: پایین دست حوضه آبریز نکا، استان مازندران، مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۱، شماره ۳۴، صص: ۱۴۵-۱۵۸.

¹ Kappa

- Tabari, H. (2020). Climate change's impact on floods and extreme precipitation increases with water availability. *Scientific reports*, 10(1), 13768.
- El-Rawy, M., Elsadek, W. M., & De Smedt, F. (2023). Flood hazard assessment and mitigation using a multi-criteria approach in the Sinai Peninsula, Egypt. *Natural Hazards*, 115(1), 215-236.
- Panahi, M., Jaafari, A., Shirzadi, A., Shahabi, H., Rahmati, O., Omidvar, E., ... & Bui, D. T. (2021). Deep learning neural networks for spatially explicit prediction of flash flood probability. *Geoscience Frontiers*, 12(3), 101076.
- Ha, H., Luu, C., Bui, Q. D., Pham, D. H., Hoang, T., Nguyen, V. P., ... & Pham, B. T. (2021). Flash flood susceptibility prediction mapping for a road network using hybrid machine learning models. *Natural hazards*, 109(1), 1247-1270.
- Riazi, M., Khosravi, K., Shahedi, K., Ahmad, S., Jun, C., Bateni, S. M., & Kazakis, N. (2023). Enhancing flood susceptibility modelling using multi-temporal SAR images, CHIRPS data, and hybrid machine learning algorithms. *Science of The Total Environment*, 871, 162066.