جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی‌ام، تابستان ۱۳۹۸

صص ٦٠- ٤٧
DOI: https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.79166

پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در منطقه اسپیران استان آذربایجان‌شرقی با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک و GIS

سارا بهشتی فر[1] - استادیار گروه نقشه برداری، دانشکده عمران، دانشگاه تبریز، تبریز،ایران
فرشاد عبدل زاده - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی ژئودزی دانشگاه تبریز،تبریز،ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۳ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/٤/٤

چکیده

وقوع زمین‌لغزش از جمله مخاطراتی است که خسارات جانی و مالی فراوان به‌دنبال دارد. یکی از اقدامات اولیه جهت پیش‌گیری یا کاهش خسارات ناشی از این پدیده، تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر و شناسایی نواحی مستعد برای وقوع آن است. در این مقاله، نقشه حساسیت به رخداد زمین‌لغزش در بخش اسپیران واقع در شهرستان تبریز، استان آذربایجان‌شرقی، به‌دست آمده است. برای این منظور ابتدا عوامل مؤثر در وقوع پدیده مذکور شناسایی و سپس لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز شامل نقشه‌های زمین‌شناسی، طبقات ارتفاعی، شیب، جهت شیب، بارش، گسل، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه‌ها، فاصله از جاده و فاصله از مناطق مسکونی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شدند. این لایه‌ها به‌عنوان متغیر مستقل وارد مدل رگرسیون لجستیک گردیدند تا وزن و نقش هریک از آنها در وقوع زمین‌لغزش در منطقه مطالعاتی مشخص شود. علاوه بر آنها نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های قبلی منطقه نیز آماده‌سازی و به‌عنوان متغیر وابسته مدل رگرسیون لجستیک در نظر گرفته شد. به این ترتیب ضرایب مدل تعیین شدند و با شاخص‌های Pseudo R Square، راک (ROC) و کای اسکور ارزیابی گردیدند و مورد تأیید قرار گرفتند. به‌عنوان نمونه، مقدار شاخص راک برابر ۰/۹۵۷ به‌دست آمده که مقدار بالایی است و نشان می‌دهد که زمین‌لغزش‌های مشاهده شده، رابطه قوی با مقادیر احتمال حاصل از مدل رگرسیون لجستیک دارند. در ادامه با استفاده از این ضرایب، معادله‌ای تشکیل شد تا احتمال وقوع در قسمت‌های مختلف منطقه مطالعاتی مشخص شود. با توجه به مقدار ضرایب به‌دست آمده می‌توان گفت که زمین‌شناسی و کاربری اراضی مهم‌ترین عوامل در وقوع زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه می‌باشند. در نهایت نقشه پهنه‌بندی خطر ایجاد گردید. نتایج

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۹۰۱۳۰۰٤۱۰ Email: Sara_Beheshtifar@yahoo.com

پژوهش نشـان می‌دهد که حدود ۱۰ درصـد از سـطح منطقه در کلاس‌های خطر زیاد و بسـیار زیاد قرار گرفته‌اند که اغلب دارای پوشش مرتع می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: زمین‌لغزش، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل رگرسیون لجستیک، پهنه‌بندی، اسپیران.

۱- مقدمه

زمین‌لغزش از جمله مخاطرات طبیعی اسـت که می‌تواند خسـارت‌های جانی و مالی فراوانی به‌همراه داشـته باشـد (بهشـتی راد و همکاران، ۱۳۸۹). این پدیده تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسـانی همچون شـرایط توپوگرافی، فعالیت زمین‌سـاختی، شـرایط اقلیمی، پوشش گیاهی و ساخت و سازها رخ می‌دهد. زمین‌لغزش، پیامدهای منفی نظیر تخریب پوشـش گیاهی، جاده‌ها، منازل مسـکونی، فرسـایش خاک، افزایش بار رسـوبی و از همه مهم‌تر تلفات جانی را به دنبال دارد (بهنیافر و همکاران، ۱۳۸۹). کشـور ایران نیز با توپوگرافی عمدتاً کوهسـتانی، فعالیت زمین‌سـاختی و لرزه‌خیزی زیاد، شـرایط متنوع اقلیمی و زمین‌شـناسـی، عمده شـرایط طبیعی را برای ایجاد طیف وسـیعی از زمین‌لغزش‌ها دارا می‌باشـد. لذا برنامه‌ریزی برای پیش‌گیری از این خسـارت‌ها و یا لااقل کاهش آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار اسـت و موجـب جلوگیری از هـدر رفتن بسـیـاری از سـرمـایه‌های ملی می‌شـود. یکی از راه‌های کاهش اثرات منفی زمین‌لغزش، تهیه نقشـه پهنه‌بندی و شـناسـایی مناطق پرخطر و در نهایت برنامه‌ریزی بر اسـاس آن می‌باشـد (حجازی و رنجبریان، ۱۳۹۳). پهنه‌بندی لغزش شـامل تقسـیم‌بندی سـطح زمین به مناطق مجزا و رتبه‌بندی کردن این مناطق براسـاس پتانسـیل خطر ناشـی از بروز زمین‌لغزش بر روی شـیب دامنه‌هاسـت. به این ترتیب با اسـتفاده از نقشـه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش می‌توان مکان های امن برای توسـعه زیسـتگاه‌ها و سـکونتگاه‌های جدید و سایر کاربری‌ها نظیر جاده، مسـیرهای انتقال نیرو و نیروگاه را در مقیاس‌های مختلف شـناسـایی کرد و در برنامه‌ریزی مورد توجّـه قرار داد (سـفیدگری و همکاران، ۱۳۸٤). تاکنون تعداد زیادی از روش‌های کمّی و آماری در ارزیابی امکان رخـداد زمین‌لغزش و پهنـه‌بنـدی آن بـه‌کار گرفته شـده‌اند. از جمله آن‌ها می‌توان انواع مدل‌های دو متغیره آماری، رگرسـیون لجسـتیک ۱)، فرایند تحلیل سـلسـله مراتبی۲، فرایند تحلیل شـبکه ۳، شبکه عصبی مصنوعی٤ و مدل منطق فازی را ذکر کرد. در ادامه به برخی از مطالعات صـورت گرفته در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش اشـاره می‌شـود. Thiery و همکاران (۲۰۰٦)، نشـان دادند که اسـتفاده از عملگر گامای فازی می‌تواند نتایج مناسبی برای ارزیابی مناطق مسـتعـد زمین‌لغزش در دامنه‌های شـمالی آلپ در فرانسـه داشـته باشـد. Lee (۲۰۰۷) نیز برای تهیه نقشـه حسـاسـیت زمین‌لغزش در کشور کره از عملگرهای فازی و روش نسبت فراوانی۵استفاده کرد. در این پژوهش پس از

1 Logistic Regression (LR)
2 Analytic Hierarchy Process (AHP)
3 Analytic Network Process (ANP)
4 Artificial Neural Network (ANN)
5 Frequency Ratio (FR)

تطبیق نقشه تولید شده با نقشه پراکنش زمین‌لغزش ها به همراه بازدید میدانی، عملگر گامای ۰/۹ به‌عنوان بهترین عملگر با درجه اطمینان ۸٤ درصد معرفی شد. Chingkhei و همکاران (۲۰۱۳)، در کشمیر، با لایه‌های اطلاعاتی زمین‌شناسی، کاربری اراضی و پوشش زمین، ارتفاع، خاک و خطوط گسل، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را تهیه کردند. شادفر (۱۳۸٤) به پهنه‌بندی زمین‌لغزش در حوضه‌ی چالکرود استان مازندران پرداخت و عملگرفازی گامای۰/۸ را مناسب‌ترین عملگر معرفی کرد. ساسان‌پور و موسیوند (۱۳۸۹) با استفاده از مدل وزن‌دهی چند معیاره در حوضه رود دره فرحزاد، آسیب‌پذیری کاربری‌های شهری در اثر حرکات زمین‌لغزش را مورد تحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد که شرایط ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی دامنه‌های پرشیب در امر توسعه شهری تهران لحاظ نشده است. بهنیافر و همکاران (۱۳۸۹) از روش‌های منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبریز فریزی استفاده کرده و هر دو روش را کارآمد دانسته‌اند. پهنه‌بندی حوضه جاجرود توسط قنواتی (۱۳۹۰) با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که بیش از ٦۲ درصد از مساحت حوضه جاجرود در پهنه‌های خطر زیاد و بسیار زیاد لغزش واقع شده‌اند. صفاری و اخدر (۱۳۹۱) پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را با استفاده از مقایسه مدل نسبت فراوانی و توابع عضویت فازی برای جاده ارتباطی مریوان - سنندج انجام دادند. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در شهر رودبار با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای توسط مقیمی و همکاران(۱۳۹۲) نشان داد که ۷۱ درصد منطقه دارای خطر متوسط زمین‌لغزش هستند و عوامل شیب و لیتولوژی مهم‌ترین سهم را بر عهده دارند. نتایج تحقیق صورت گرفته توسط حاجی حسینلو و مقدم (۱۳۹۵) نشان داد که حدود ۹٪ از منطقه ولدیان واقع در شرق شهرستان خوی در محدوده خطر «خیلی بالا» و۳۳٪ در محدوده خطر «بالا» قرار گرفته است. استفاده از مدل LNRF توسط صالحی پور و یمانی (۱۳۹۷)، نشان داد که حدود ۳۵ درصد از حوضه آبریز رامیان استان گلستان در طبقه پتانسیل بالای زمین لغزش قرار دارد. محمدنیا و فلاح (۱۳۹۷) نیز با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی، مدل نسبت فراوانی و عملگرهای منطق فازی، به پهنه بندی زمین‌لغزش در حوضه پیوه‌ژن در استان خراسان رضوی پرداخته و اظهار داشته‌اند که شیب بیشترین تاثیر و کاربری اراضی کمترین اثر را در وقوع لغزش داشته است. گودرزی و همکاران (۱۳۹۷)، برای تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش در حوزه آبخیز سردارآباد لرستان با استفاده از سیستم استنتاج عصبی–فازی تطبیقی، ارتفاع، سنگ‌شناسی، درجه شیب، جهت شیب، شکل شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، بارندگی و کاربری اراضی را به عنوان عوامل موثر در نظر گرفتند. وزن‌دهی کلاس‌های هر یک از عوامل با روش نسبت فراوانی و ارزیابی مدل‌ها با منحنی راک صورت گرفت. از مدل رگرسیون لجستیک نیز که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته در مطالعات مختلفی برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده شده و نتایج مناسبی به‌دست آمده است (Costanzo و همکاران، ۲۰۱٤؛ Bai و همکاران، ۲۰۱۰؛ Lombardo و Mai، ۲۰۱۸؛ Akgun، ۲۰۱۲؛ Ait Brahim و Elmoulat، ۲۰۱۸؛ Polykretis و Chalkias، ۲۰۱۸). خالدی و همکاران (۱۳۹۱) از این

مدل برای پهنه‌بندی حوضه آبخیز طالقان استفاده کردند که فاصله از گسل در آن منطقه بالاترین ضریب را به خود اختصاص داد. عابدینی و همکاران (۱۳۹۳) آن را برای شهرستان بیجار مورد استفاده قرار دادند و شیب را مهم‌ترین عامل رخداد زمین‌لغزش معرفی کردند. پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با مدل مذکور در حوضه دز علیا توسط شیرانی و عرب عامری (۱۳۹٤) نشان داد که عامل ارتفاع بالاترین ضریب را دارد. طبق نتایج تحقیق محمدزاده و همکاران (۱۳۹٦) در کرانه جنوبی حوضه آبریز اهرچای، ۳ درصد از مساحت منطقه دارای پتانسیل خیلی بالا برای زمین‌لغزش است که ۱۸ درصد زمین‌لغزش‌ها در آن به‌وقوع پیوسته و کاربری اراضی تأثیرگذارترین عامل بوده است. علاوه بر موارد فوق، مهم‌ترین عامل رخداد زمین‌لغزش که توسط مدل رگرسیون لجستیک تعیین گردیده، در درّه دیز، شیب (روستایی و همکاران، ۱۳۹٤)، در حوزه آبخیز رودخانه سیکان، فاصله از رودخانه (ثروتی و همکاران، ۱۳۹۳)، در حوضه آبریز لواسانات، کاربری اراضی (همتی و حجازی، ۱۳۹٦)، در حوضه آبریز رودخانه حاجیلر چای، ارتفاع(خدایی و همکاران، ۱۳۹٦) و در محدوده مخزن سدّ ستّارخان اهر، فاصله از رودخانه (اندریانی و همکاران، ۱۳۹۵) بوده است.

بررسی مطالعات نشان می‌دهد با وجودیکه عوامل وقوع زمین‌لغزش در اغلب مناطق کم و بیش یکسان است، نقش و میزان اهمیت هر یک از آنها از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است. با توجه به وجود اطلاعات مناسب در خصوص زمین‌لغزش‌های قبلی منطقه، در این مقاله از روش رگرسیون لجستیک به‌عنوان یکی از روش‌های موفق و پرکاربرد برای تعیین میزان تأثیر هر یک از عوامل استفاده شد. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش یکی از دهستان‌های استان آذربایجان‌شرقی به نام اسپیران می‌باشد که در گذشته زمین‌لغزش‌های متعددی در آن منطقه به وقوع پیوسته است. از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه‌های مختلف، تلفیق نقشه ها و تحلیل و نمایش آنها استفاده شده است.

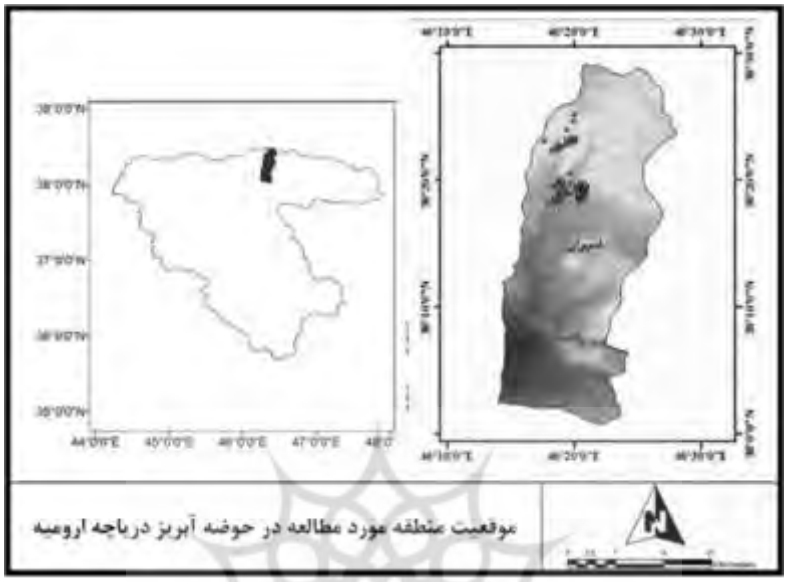
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

چنان‌که پیشتر اشاره شد اسپیران، یکی از دهستان‌های اطراف تبریز در استان آذربایجان‌شرقی، به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده که در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٤٦ درجه و ١٤ دقیقه تا ٤٦ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی قرار گرفته است. وسعت منطقه مطالعاتی در حدود ٦٦٠ کیلومترمربع می‌باشد که در حوضه آبریز دریاچه ارومیه قرار گرفته است. شکل ۱، موقعیت منطقه مورد مطالعه و محل زمین‌لغزش‌های به‌وقوع پیوسته در آن را نشان می‌دهد. براساس مشاهدات نزدیکترین ایستگاه سینوپتیک به منطقه مورد مطالعه، در یک دوره آماری ۲۱ ساله، میانگین کمینه و بیشینه دما به ترتیب ۷/٦ و۱۲/٦٦ درجه سانتیگراد و

میانگین رطوبت نسبی ٪۵۲ می‌باشد. این منطقه اغلب شامل ماسه سنگ و مارن قرمز، پادگانه‌های آبرفتی جوان و پشتهای آبرفتی و کاربری زمین در آن علاوه بر کاربری‌های شهری شامل مرتع، زمین کشاورزی و باغ می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

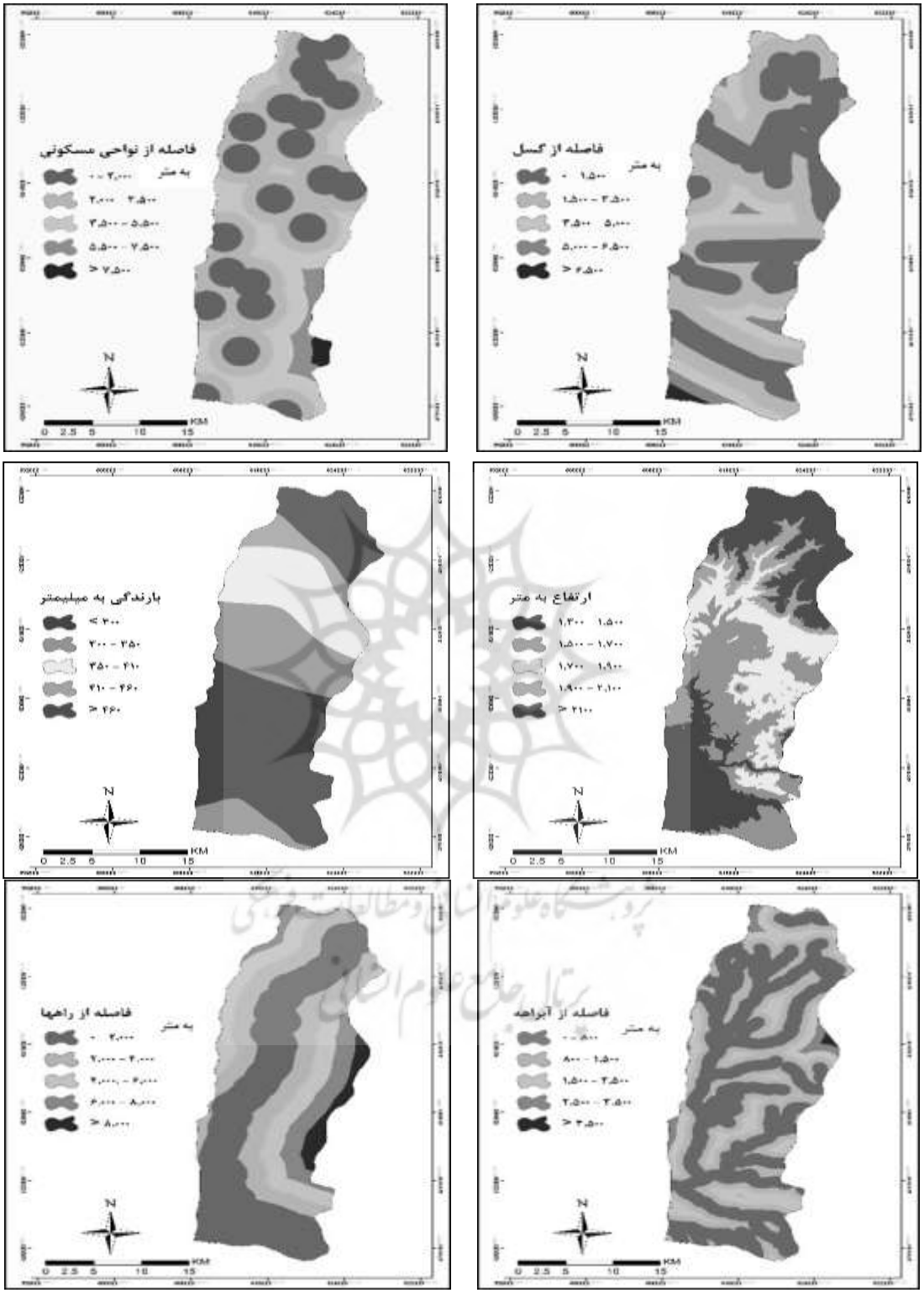
در این تحقیق برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه اسپیران از مدل رگرسیون لجستیک استفاده شد. مدل رگرسیونی، یکی از مدل‌های آماری مناسب جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی براساس داده‌های موجود می باشد. در این مدل با استفاده از داده های موجود، معادله‌ای جهت پیش‌بینی مقادیر متغیر وابسته، براساس یک یا چند متغیر پیشگوی مستقل به‌دست می‌آید. چنانچه مقادیر متغیر وابسته کیفی بوده یا همواره دارای دو حالت باشد (وقوع و عدم وقوع)، در آن صورت احتمال وقوع پدیده (P) برآورد می گردد و مدل اصطلاحاً رگرسیون لجستیک نامیده می‌شود.

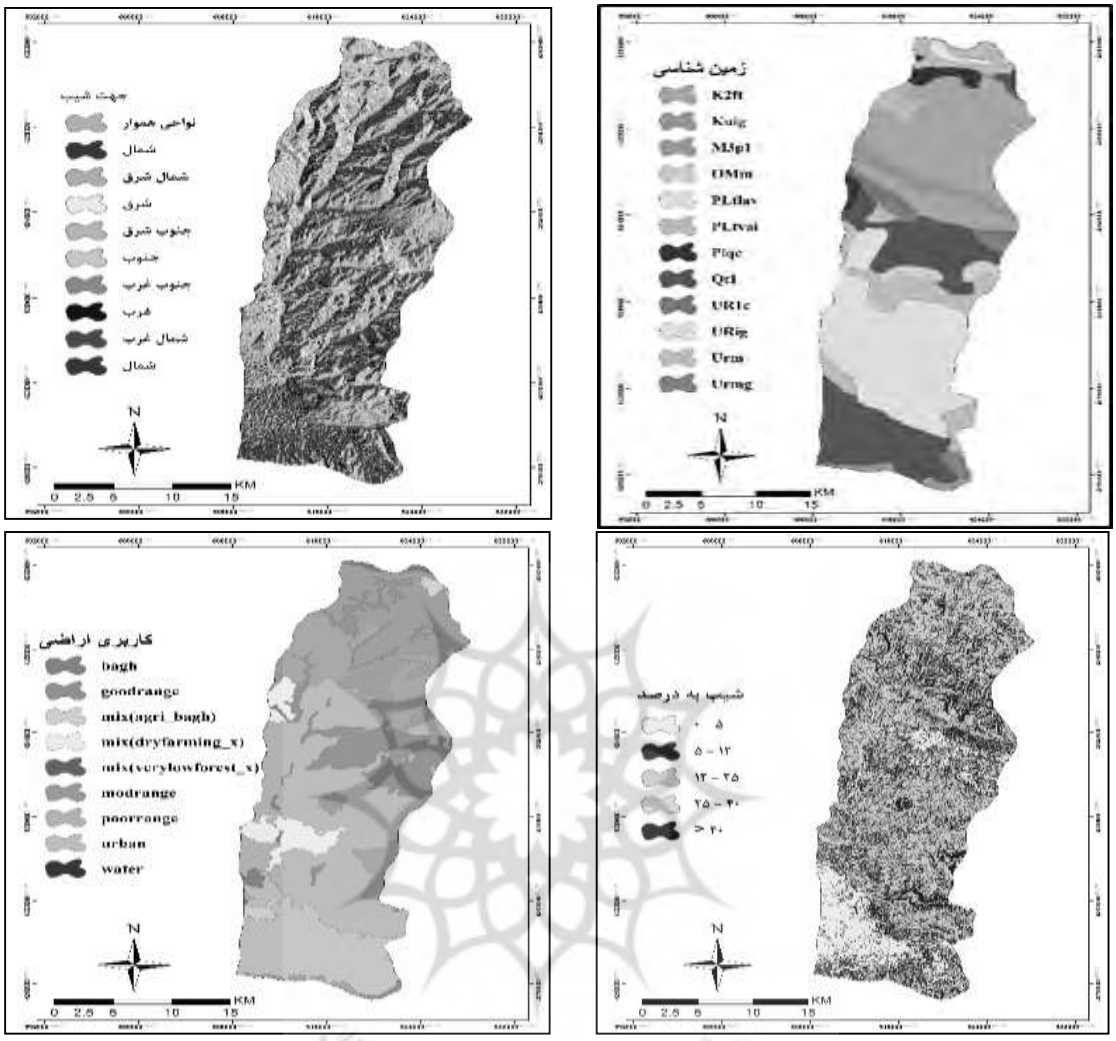
از جمله مزایای استفاده از مدل رگرسیون لجستیک نسبت به سایر مدل‌های آماری چندمتغیره، نیاز به فرضیات کمتر، عدم ضرورت وجود توزیع نرمال برای متغیرها و نیز عدم ضرورت وجود رابطه خطّی بین متغیر وابسته با متغیرهای مستقل ست. در این روش میزان تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته به صورت کمّی مشخص می‌شود. برای حل معادله مربوط از روش حداکثر شباهت استفاده می‌شود. در این پژوهش، در نقاط یا پیسکل‌هایی که زمین‌لغزش به وقوع پیوسته، مقدار متغیر وابسته یک و در سایر قسمت‌ها برابر صفر در نظر گرفته شد. برای تهیه لایه اطلاعاتی مربوط به متغیر وابسته در مدل رگرسیون لجستیک، داده‌های پراکنش رخدادهای زمین‌لغزش در محدوده مورد مطالعه، به صورت نقطه‌ای تهیه شد (شکل ۱). پس از مرور منابع و مشورت با کارشناسان این حوزه مشخص شد مهم‌ترین عواملی که در این منطقه بر زمین‌لغزش تأثیر گذارند شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، کاربری

اراضی، زمین‌شناسی، میزان بارش، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل و فاصله از مناطق مسکونی می‌باشند. روش تحقیق به صورت دیاگرام نشان داده شده در شکل ۲ بوده است. لایه‌های اطلاعاتی مربوط به عوامل مؤثر با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، مدل رقومی ارتفاع منطقه (DEM) با اندازه سلول های ۳۰ متری، داده‌های ایستگاه های هواشناسی و کنترل میدانی تهیه گردیدند.

نقشه‌های مربوط به فاکتورهای مؤثر که در واقع متغیرهای مستقل مدل رگرسیون لجستیک برای تهیه نقشه پهنه‌بندی هستند، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، آماده سازی و تهیه شدند (شکل ۳). لازم به ذکر است دو لایه کیفی زمین‌شناسی و جهت شیب پس از وزن‌دهی براساس نظر کارشناسی به لایه‌های کمّی تبدیل گردیده‌اند. جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، لازم است میزان تأثیر و نقش هر عامل تعیین شود. لذا ضرایب این عوامل با مدل رگرسیون لجستیک مشخص شدند.

شکل ۲- مراحل تهیه نقشه پهنه بندی زمین لغزش با مدل رگرسیون لجستیک


فاصله از گسل
به متر
فاصله از نواحی مسکونی
به متر
ارتفاع به متر
بارندگی به میلیمتر
فاصله از آبراهه
به متر
فاصله از راهها
به متر
N
KM
0 2.5 5 10 15



شکل۳- نقشه‌های مربوط به فاکتورهای مؤثر در وقوع زمین لغزش

۳- نتایج و بحث

پس از اجرای مدل رگرسیون لجستیک ضرایب مدل مطابق جدول (۱) به‌دست آمدند. بنابراین با توجّه به ضرایب ارائه شده در این جدول، معادله رگرسیون لجستیک به صورت رابطه ٦ می‌باشد.

logit (LANDSLIDE) = -14.5716 + 0.015379*Slope - 0.000424*Road - 0.000996*River - 0.002614*Rain + 0.000138* Residential + 0.550120*Land use - 1.348448*Geology + 0.000168*Fault + 0.001440*DEM + 0.011369*Aspect رابطه (۶)

به منظور ارزیابی مدل به‌دست آمده، از آماره‌های Pseudo R Square, کای اسکور و راک استفاده گردید که نتایج آنها در جدول (۲) ارائه شده‌اند.

جدول۱- ضرایب متغیرهای مستقل در مدل رگرسیون لجستیک

ضرایب	متغیرهای مستقل
۰/۰۱۵۳۷۹	شیب
-۰/۰۰۰٤۲٤	فاصله از راه‌ها
-۰/۰۰۰۹۹٦	فاصله از آبراهه
-۰/۰۰۲٦۱٤	بارندگی
۰/۰۰۰۱۳۸	فاصله از نواحی مسکونی
۰/۵۵۰۱۲۰	کاربری اراضی
-۱/۳٤۸٤٤۸	زمین‌شناسی
۰/۰۰۰۱٦۸	فاصله از گسل ها
۰/۰۰۱٤٤۰	ارتفاع
۰/۰۱۱۳٦۹	جهت شیب
-۱٤/۵۷۱٦	عرض از مبدأ (ثابت)

جدول ۲- شاخص‌های آماری حاصل از مدل رگرسیون لجستیک

مقدار	شاخص
۰/۲٦۵	Pseudo R_square
۱۸/٦٦۳۳	Chi Square
۰/۹۵۷	ROC

McFadden Pseudo R Square از رابطه ٤ به‌دست می‌آید و مقدار آن تخمینی از چگونگی برازش مدل لوجیت بر مجموعه داده‌ها را نشان می‌دهد. چنانچه مقدار حاصل بزرگ تر از ۰/۲ باشد، می‌تواند نشان‌دهنده برازش نسبتاً خوب مدل باشد (Ayalew، Yamagishi،2005؛ Clark، Hosking؛ 1986). مقدار حاصل شده برای این شاخص مطابق جدول ۲، برازش قابل قبولی از مدل را نشان می‌دهد.

$$\text{Pseudo R Square} = 1 - \left(\frac{logL}{logL0}\right)$$ رابطه (٤)

آماره کای اسکور مطابق با رابطه (۵) محاسبه گردید که یک تست معتبر برای رگرسیون لجستیک است.

$$\text{Chi Square(K)} = \text{-2Ln(L) -2Ln(L0)}$$ رابطه (۵)

آماره فوق، فرض خنثی (صفر بودن تمامی ضرایب رگرسیون) را براساس تابع توزیع کای اسکور با درجه آزادی K آزمون می‌کند که K برابر با تعداد متغیرهای مدل می باشد. چنانچه این آماره در سطح ۹۵ درصد معنی دار باشد (کای

اسکور بالای ١٤/١) فرض صفر (H0) رد می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد مقدار شاخص کای اسکوردر این تحقیق برابر ١٨/٦٦٣٣ به‌دست آمده که این مقدار بیشتر از مقدار آستانه تعیین شده است و در نتیجه فرض صفر بودن تمام ضرایب (بجز مقدار ثابت) رد می گردد. همین‌طور به منظور ارزیابی برازش مدل آماری رگرسیون لجستیک، از ویژگی عملگر نسبی (راک) نیز استفاده گردید. این منحنی از کارآمدترین روش ها در پیش‌بینی سیستم هاست که میزان دقت مدل را در پیش‌بینی متغیر وابسته، به صورت کمّی، برآورد می‌کند (Nefeslioglu و همکاران، ٢٠٠٨). مقدار راک بین صفر تا یک متغیر است که برای تعیین آن، نقشه واقعی دو مقداره (وقوع زمین‌لغزش و عدم وقوع زمین‌لغزش) با نقشه احتمال به‌دست آمده مقایسه شدند. عدد ١بیانگر برازش کامل و ٠/٥ نشان‌دهنده برازش تصادفی است. عدد بین ٠/٥ و ١ نشان می‌دهد که رابطه‌ای بین X و Y وجود دارد. هرچه این عدد بزرگتر باشد، به این معنی است که برازش بهتر بوده است. مقدار راک برابر ٠/٩٥٧ بوده که مقدار بالایی است و نشان می‌دهد زمین‌لغزش‌های مشاهده شده، رابطه قوی با مقادیر احتمال حاصل از مدل رگرسیون لجستیک دارند. در نهایت پس از مشخص شدن نتایج اعتبارسنجی مدل رگرسیون لجستیک با استفاده از شاخص‌های فوق، براساس بهترین معادله بین عوامل مؤثر، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش برای منطقه مورد مطالعه تهیه گردید (شکل ٤). در این نقشه، براساس نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی، کل منطقه از نظر حساسیت به زمین‌لغزش در ٥ کلاس خطر (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) طبقه‌بندی گردید (جدول٣).

شکل٤- پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش

جدول ۳- مساحت کلاس‌های خطر وقوع

درصد مساحت	مساحت به کیلومترمربع	احتمال وقوع زمین‌لغزش
۷۱/۰۸	٤٦۹/۷۵	بسیار پایین
۱۲/۵۲	۸۲/۷۳	پایین
٦/۸۳	٤۵/۱۰	متوسط
٤/۰۵	۲٦/۷۵	بالا
۵/۵۲	۳٦/٤۹	بسیار بالا

در این پژوهش لایه‌های اطلاعاتی ده عامل تأثیرگذار در وقوع زمین‌لغزش در منطقه مطالعاتی، تهیه و وارد مدل رگرسیون لجستیک شدند که شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، فاصله از راه‌ها، فاصله از رودخانه، فاصله از نواحی مسکونی، فاصله از گسل‌ها، کاربری اراضی و بارندگی می‌باشند. بر اساس ضرایب به‌دست آمده از مدل رگرسیون لجستیک بر اساس زمین‌لغزش‌های به‌وقوع پیوسته، نقش عوامل زمین‌شناسی و کاربری اراضی در مقایسه با سایر عوامل، در رخداد زمین‌لغزش منطقه بیشتر بوده است. طبقات با حساسیت بالا در نقشه پهنه‌بندی، در نقشه زمین‌شناسی اغلب در زون فلیشی و در نقشه کاربری اراضی در محدوده‌های مربوط به مراتع قرار گرفته‌اند. مقدار Pseudo R Square برای ارزیابی برازش مدل بر مجموعه داده ها مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به مقدار به‌دست آمده در این تحقیق که بزرگ تر از ۰/۲ می‌باشد، برازش مدل قابل قبول است. برای ارزیابی با آماره کای اسکور فرض صفر این بود که تمام ضرایب مدل صفر باشند با توجه به مقدار به‌دست آمده یعنی ۱۸/٦٦۳۳ که بیشتر از ۱٤/۱ می‌باشد، این فرض با سطح اطمینان ۹۵ درصد رد شد. مقدار ۰/۹۵۷ برای راک به‌دست آمد که وجود رابطه قوی بین زمین‌لغزش‌های مشاهده شده و مقادیر احتمال حاصل از مدل رگرسیون لجستیک برای منطقه را نشان می‌دهد.

٤- جمع‌بندی

تهیه نقشه حساسیت مناطق به زمین‌لغزش ها و تعیین احتمال وقوع آنها می‌تواند نقش مهمی در کاهش میزان خسارات ناشی از این پدیده داشته باشد. در این تحقیق برای تعیین خطر زمین‌لغزش و پهنه‌بندی آن در منطقه اسپیران واقع در استان آذربایجان شرقی، از مدل آماری رگرسیون لجستیک و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه شامل شیب، فاصله از راه‌ها، فاصله از آبراهه، میزان بارندگی، فاصله از نواحی مسکونی، کاربری اراضی، زمین‌شناسی، فاصله از گسل ها، ارتفاع و جهت شیب بودند که اجرای مدل نشان داد زمین‌شناسی و کاربری اراضی نقش مهمتری نسبت به سایر عوامل مؤثر داشته‌اند. نتایج حاصل از مدل

رگرسیون لجستیک با شاخص‌های کای اسکور(برابر ۱۸/٦٦۳۳)، Pseudo R_Square (برابر با۰/۲٦۵) و راک (برابر۰/۹۵۷) مورد تایید قرار گرفتند. پس از تهیه نقشه نهایی و طبقه‌بندی منطقه بر اساس حساسیت به وقوع زمین‌لغزش مشخص شد که ده درصد منطقه در طبقات مربوط به احتمال وقوع بسیار بالا و بالا قرار گرفته‌اند. این مناطق اغلب از ماسه سنگ و مارن قرمز رنگ تشکیل یافته‌اند و بصورت مرتع می‌باشند. در این تحقیق، فاصله از نواحی مسکونی کمترین اثر را در وقوع زمین‌لغزش داشته است.

کتابنامه

اندریانی، صغری؛ سمندر، نسرین؛ نیکجو، محمدرضا؛ ۱۳۹۵. مدل‌سازی حرکات دامنه‌ای محدودهٔ مخزن سدّ ستارخان اهر با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی‌کنندهٔ لجستیک و شبکهٔ عصبی. *جغرافیا و پایداری محیط*. ٦ (۲۰). ۳۷-۱۹.

بهشتی راد، مسعود؛ فیض نیا، سادات؛ سلاجقه، علی؛ احمدی، حسن؛ ۱۳۸۹. پهنه بندی خطر زمین لغزش ها با مدل رگرسیون چند متغیره با استفاده از GIS. جغرافیای طبیعی. ۳(۷). ٤۰-۳۳.

بهنیافر، ابوالفضل؛ منصوری دانشور، محمد رضا؛ کهربائیان، پروین؛۱۳۸۹. کاربرد مدلAHP و منطق فازی در منطقه‌بندی خطرات زمین‌لغزش نمونه موردی: حوضه آبریز فریزی، دامنه شمالی کوه‌های بینالود. *جغرافیای طبیعی*. ۹.

ثروتی، محمدرضا؛ نصرتی، کاظم؛ حسنوندی، شیما؛ میرباقری، بابک؛۱۳۹۳. پیش بینی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز رودخانه سیکان با استفاده از مدل آماری رگرسیون لجستیک. *مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)*. ٦۷ (۱). ۲۹-۱۷.

حاجی حسینلو، حسن؛ مقدم دیزج هریک، مهسا؛ ۱۳۹۵. ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه ولدیان با استفاده از روش آنبالاگان، شرق شهرستان خوی. *نشریه جغرافیایی سرزمین*. شماره ۵۲. ۲۱-۳۸.

حجازی، سید اسداله؛ رنجبریان شادباد، مریم؛ ۱۳۹۳. شناسایی عوامل موثر و پهنه بندی خطر زمین لغزش در بخش غربی حوضه آبریز سرندچای. *پژوهش های ژئومورفولوژی کمی*. ۳(۳). ۱۱٤-۱۲۹.

خالدی، شهریار؛ درفشی، خه بات؛ مهرجونژاد، اکبر، قره چاهی، سعیده؛ خالدی، شاهین؛ ۱۳۹۱. ارزیابی عامل های مؤثر در رویداد زمین لغزش و پهنه بندی آن با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک در محیط (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱ (۱). ۸۲-٦۵.

خدائی، لیلا؛ روستائی، شهرام؛ حجازی، سید اسداله؛ ۱۳۹٦. ارزیابی روش رگرسیون لجستیک در بررسی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش مطالعه موردی :حوضه آبریز رودخانه حاجیلر چای. *جغرافیای طبیعی*. ۱۰ (۳۷). ۵۷-٤۵.

روستایی، شهرام؛ مختاری، داوود؛ خدایی، فاطمه؛ ۱۳۹٤. کاربرد روش رگرسیون لجستیک در پهنه بندی خطر وقوع ناپایداری های دامنه ای در جاده های کوهستانی (محدوده مورد مطالعه: تنگه دره دیز). *مخاطرات محیط طبیعی*. ٤ (٦). ۱۰۳-۸۹.

ساسان‌پور، فرزانه؛ موسیوند، جعفر؛ ۱۳۸۹. تأثیر عوامل انسان ساخت در تشدید پیامدهای مخاطرات طبیعی در محیط‌های کلانشهری با کاربرد منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. ۱۳(۱۶). ۵۰ -۲۰.

سفیدگری، رضا، غیومیان، جعفر، فیض نیا، سادات؛۱۳۸٤. ارزیابی روش های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰. مطالعه موردی حوضه آبخیز دماوند. *مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب*. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری. ۵۸۰-۵۷٤.

شادفر، صمد؛ ۱۳۸٤. *ارزیابی تحلیلی مدل‌های کمی زمین‌لغزش به منظور دستیابی به مدلی مناسب برای حوزه آبخیز چالکرود*. پایان نامه دکتری. دانشکده جغرافیا. دانشگاه تهران.

شیرانی، کورش؛ عرب عامری، علیرضا؛۱۳۹٤. پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از روش رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: حوضه دز علیا). *مجله علوم آب و خاک*. ۱۹ (۷۲). ۳۲۱-۳۳۵.

صالحی پور میلانی، علیرضا؛ یمانی، مجتبی؛ ۱۳۹۷. پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز رامیان (استان گلستان). *دانش پیشگیری و مدیریت بحران*. شماره ۲۸. ۱٦۱-۱۷۲.

صفاری، امیر؛ اخدر، آرش؛ ۱۳۹۲. مقایسه مدل نسبت فراوانی و توابع عضویت فازی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: جاده ارتباطی مریوان - سنندج). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ش ۱. ۷۹-۹٦.

عابدینی، موسی؛ قاسمیان، بهاره؛ شیرزادی، عطاالله؛ ۱۳۹۳. مدل سازی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل آماری رگرسیون لجستیک مطالعه موردی: استان کردستان، شهرستان بیجار. *جغرافیا و توسعه*. ۱۲ (۳۷). ۱۰۲-۸۵.

قنواتی، عزت الله؛۱۳۹۰. پهنه‌بندی خطر لغزش در حوضه جاجرود با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. ۲۰. ٦۸-۵۱.

گودرزی، سحر؛ طالبی، علی؛ پورقاسمی، حمیدرضا؛ ۱۳۹۷. بررسی کارایی مدل سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی در تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سردارآباد استان لرستان). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۷۵ -۹٦.

محمدزاده، کیوان؛ بهمنی، سیران؛ فتحی، محمدحسین؛ ۱۳۹٦. ارزیابی روش رگرسیون لجستیک در بررسی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش مطالعه‌ی موردی: کرانه‌ی جنوبی حوضه‌ی آبریز اهر چای از روستای نصیرآباد تا سد ستارخان. *هیدروژئومورفولوژی*. ۳(۱۱). ۱٤۸-۱۲۷.

محمدنیا، ملیحه؛ فلاح قالهری، غلامعباس؛ ۱۳۹۷. شبیه سازی احتمال وقوع زمین لغزش با استفاده از منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. شماره ٤۸. ۱۳۲-۱۱۷.

مقیمی، ابراهیم؛ یمانی، مجتبی؛ رحیمی هرآبادی، سعید؛۱۳۹۲. ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در شهر رودبار با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. ۱ (٤). ۱۰۳-۱۱۸.

همتی، فریبا؛ حجازی، سید اسداله؛ ۱۳۹٦. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش آماری رگرسیون لجستیک در حوضه آبریز لواسانات. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. ۱۷ (٤۵). ۷-۲٤.

Ait Brahim, L., & Elmoulat, M., 2018. Application Of Logistic Regression Method To Produce Landslide Susceptibility Map: A Case Study Of Tetouan Mazari, Morocco, EC Web of Conferences, 149.

Akgun, A., 2012. A comparison of landslide susceptibility maps produced by logistic regression, multi-criteria decision, and likelihood ratio methods: a case study at İzmir, Turkey. Landslides, 9(1), 93–106.

Ayalew, l. & Yamagishi, H., 2005. The application of GIS-based Logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yaahiko Mountains, central Japan. Geomorphology, 65, 15-31.

Bai, SB., Wang, J., Lü, GN., Zhou, PG., Hou, SS., & Xu, SN., 2010. GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping of the Zhongxian segment in the Three Gorges area, China. Geomorphology 115(1-2), 23–31.

Chingkhei, R.K., Shiroyleima, A., Robert Singh, L., & Kumar, A., 2013. Landslide Hazard Zonation in NH-1A in Kashmir Himalaya, India. International Journal of Geosciences, 4, 1501-1508.

Costanzo, D., Chacón, J., Conoscenti, C., Irigaray, C, & Rotigliano, E., 2014. Forward logistic regression for earth-flow landslide susceptibility assessment in the Platani river basin (southern Sicily, Italy. Landslides, 11(4), 639–653.

Lee, S., 2007. Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. Environmental Geology, 52, 615- 623.

Lombardo, L., & Mai, P.M., 2018. Presenting logistic regression-based landslide susceptibility results. Engineering Geology, 244(3), 14-24.

Nefeslioglu, H. A., Gokceoglu, C., & Sonmez, H., 2008. An assessment on the use of logistic regression and artificial neural networks with different sampling strategies for the preparation of landslide susceptibility maps. Engineering Geology, 97, 171-191.

Polykretis, C., & Chalkias, C., 2018. Comparison and evaluation of landslide susceptibility maps obtained from weight of evidence, logistic regression, and artificial neural network models. Natural Hazards, 93(1), 249–274.

Thiery, Y., Philippe, M. J., & Maquaire, O., 2006. Test of Fuzzy Logic Rules for Landslide Susceptibility Assessment. conference SAGEO Strasbourg, 2006.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی