

مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال چهارم، شماره ششم، زمستان ۹۴

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۲/۱۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۰۴/۰۸

صفحات: ۱۰۳-۸۹

## کاربرد روش رگرسیون لجستیک در پهنه‌بندی خطر وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در جاده‌های کوهستانی (محدوده مورد مطالعه: تنگه دره دیز)

دکتر شهرام روستایی\*<sup>۱</sup>، دکتر داوود مختاری<sup>۲</sup>، فاطمه خدایی<sup>۳</sup>

### چکیده

وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در محورها و راه‌های ارتباطی به خصوص در مناطق کوهستانی، از جمله مواردی است که هر ساله خسارت‌های زیادی را به راه‌های مواصلاتی کشور وارد می‌سازد. در برخی موارد، وقوع این نوع از مخاطرات طبیعی در گردنه‌ها و تنگه‌هایی با شیب تندتر و جاده‌هایی با انحنای بیشتر، نظیر تنگه دره دیز و گردنه نم وار استان آذربایجان شرقی، منجر به مرگ مسافران می‌گردد؛ بنابراین شناسایی ویژگی‌های طبیعی مناطقی که جهت اجرای پروژه‌های عمرانی اعم از احداث جاده و سایر راه‌های ارتباطی نظیر خطوط راه آهن، سدهای آبی و... گزینش می‌گردند و تعیین میزان استعداد آنها جهت وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای بسیار با اهمیت می‌باشد. در این مقاله با استفاده از روش رگرسیون لجستیک به پهنه‌بندی و شناسایی مناطق مستعد وقوع این نوع از حرکات دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه اقدام شد. برای این مطالعه از تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI-TIRS استفاده شد و فاکتورهای مؤثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای (شیب، جهت‌شیب، لیتولوژی، کاربری زمین، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، طبقات ارتفاعی) در محیط GIS بررسی و از میان آنها مهم‌ترین فاکتور مشخص گردید. سپس بر لایه پراکنش ناپایداری‌های دامنه‌ای انطباق داده شد، به این ترتیب نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در نرم‌افزار ادریسی تولید گردید؛ پس از آن نقشه پیش‌بینی احتمال وقوع ناپایداری‌های محدوده به پنج گروه با درجه حساسیت بسیار پایین، پایین، متوسط، بالا، بسیار بالا تقسیم شد. کلید واژه‌ها: ناپایداری دامنه‌ای، تنگه دره دیز، روش رگرسیون لجستیک، نرم‌افزار ادریسی.

roostaei@tabrizu.ac.ir

۱- \*استاد گروه ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز

۲- دانشیار گروه ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز

۳- دانشجوی ژئومورفولوژی دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی دانشگاه تبریز

## مقدمه

ناپایداری‌های دامنه‌ای از مشخص‌ترین نوع مخاطرات زمین - ریخت‌شناسی محسوب می‌شوند که در کوهستان‌های نیمه‌خشک با دامنه‌های سنگی به وفور رخ می‌دهند. این پدیده‌ها که در این محدوده‌ها از پیامدهای طبیعی به شمار می‌آیند با دخالت‌های انسانی تشدید می‌گردند و بیشتر تأسیسات انسانی، به‌ویژه جاده‌های کوهستانی را مورد تهدید قرار می‌دهند؛ به این ترتیب هزینه‌های سنگینی را به دولت و ساکنین محلی تحمیل می‌کنند (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۶). گردنه‌هایی که مشرف به جاده‌های کوهستانی هستند به طور متعدد در معرض وقوع خطرانی همچون ریزش‌های سنگی و لغزش‌های متعدد در امتداد جاده‌ها هستند. در این مطالعه، تنگه دره دیزه واقع در محور ارتباطی مرند - جلفا از جمله مناطق مستعد وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در استان آذربایجان شرقی، به صورت موردی انتخاب شده است. گزارش‌های ارائه شده از سوی ساکنین محلی حاکی از وجود زمین لغزش‌های قدیمی در منطقه است؛ بنابراین بررسی پیشینه استعداد منطقه در زمینه وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای از جمله مواردی است که می‌بایست در مرحله انجام مطالعات، جهت احداث جاده مورد توجه قرار می‌گرفت؛ در صورتی که این اصل اساسی مورد غفلت و بی‌توجهی قرار گرفته است و در اثر افزایش بار دامنه‌ای (بارگذاری روی شیب)، افزایش شیب دامنه، انتقال مواد دامنه‌ای در جریان احداث جاده‌های آسفالتی و خاکی، تغییر مسیر روان‌آب‌های سطحی و میزان روان‌آب‌ها تعداد وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ها در منطقه افزایش یافته است. خطر ناپایداری‌های دامنه‌ای در اغلب کارهای محققان مورد بررسی قرار گرفته است. تورستون<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از GIS نقشه پتانسیل خطر ناپایداری را برای منطقه درباری شیر استفاده کرده‌اند. آنها از انطباق کلاسه‌های عوامل مختلف با زمین لغزش‌های موجود برای وزن‌دهی و شاخص‌های خطر زمین لغزش بهره‌جسته‌اند و نقشه پهنه‌بندی را تهیه نمودند؛ سارولی<sup>۲</sup> (۲۰۰۱)، با استفاده از روش رگرسیون خطی<sup>۳</sup> به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در کشور کره پرداخته است و با بررسی لایه‌های اطلاعاتی (شیب، جهت شیب، ضخامت خاک، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی و پوشش گیاهی)، نقشه پراکنش لغزش‌ها را در محدوده مورد مطالعه تهیه کرده است. ایالیوو و همکاران (۲۰۰۵)، از دو روش سلسله مراتبی<sup>۴</sup> و رگرسیون لجستیک<sup>۵</sup> برای تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش در جزیره Sado در ژاپن استفاده کردند و با مقایسه این دو روش برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به این نتیجه رسیدند که مدل AHP نسبت به مدل رگرسیون لجستیک از دقت بالاتری برخوردار است. چن و لی<sup>۶</sup> (۲۰۰۴) به بررسی پیشگیری خطرات ناشی از حرکات توده‌ای در هنک کنگ پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که بارندگی شدید در ترکیب با عوامل توپوگرافی از عوامل زمین لغزش‌های بزرگ در حوضه هنک کنگ هستند. چاو<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۲)، به تحلیل خطر زمین لغزش در شهر هنک

1-Thurston.N.

2- Lee

3-Liner Regression Modeling

4-Analytical Hierarchy process

5-Logistic Regression Modeling

6-Chen &amp; Lee

7-chuo

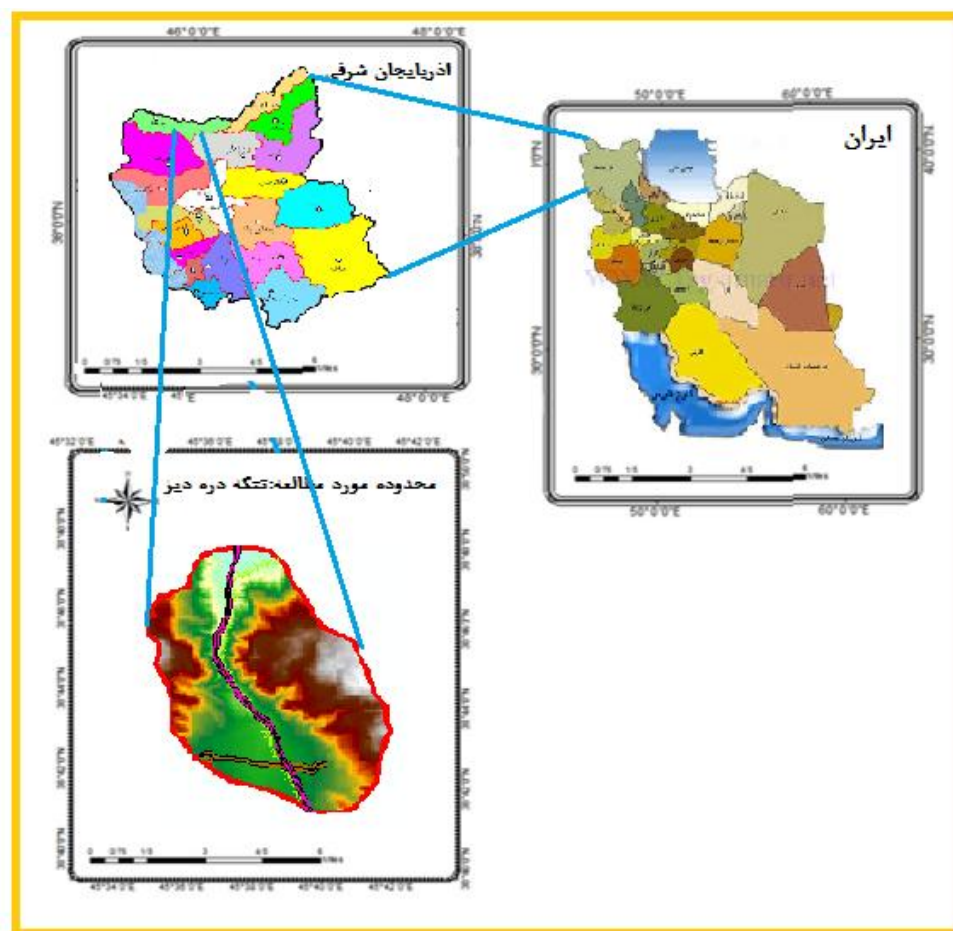
کنگ با استفاده از GIS و زمین لغزش‌های صورت گرفته پرداختند؛ نتایج نشان داد که تلفات ناشی از وقوع زمین لغزش‌ها با تجمع بارندگی در هنک گنگ افزایش یافته و هم‌بستگی شدیدی میان داده‌های بارندگی و خسارات ناشی از وقوع زمین لغزش‌ها وجود دارد و نهایتاً نقشه‌بندی خطر زمین لغزش را برای شهر مذکور تهیه کرده‌اند. فیض‌نیا و همکاران (۱۳۸۰)، با استفاده از روش آماری رگرسیون چند متغیره به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز شلمانرود پرداختند؛ نتایج نشان داد که اکثر زمین لغزش‌های وقوع یافته در این حوزه در پهنه بسیار حساس که توسط مدل پیشنهادی مشخص شده بود، قرار گرفته‌اند بنابراین صحت مدل پیشنهادی برای منطقه مورد مطالعه مورد تأیید قرار گرفت. پیوندی و همکاران (بی تا) در پژوهشی به بررسی ناپایداری شیب در دره ابرده - زشک واقع در جاده ابرده زشک مشهد در حاشیه رودخانه زشک پرداختند. نتایج حاصله نشان داد که شرایط مستعد منطقه شامل شیب تند دامنه‌ها، عوامل تکتونیکی خصوصاً گسل‌ها و زون‌های خرد شده، بارندگی بالا، هوازندگی زیاد و تردد زیاد وسایل نقلیه در جاده باعث بالا رفتن پتانسیل بروز خزش و لغزش در منطقه شده است. از سوی دیگر استفاده نامناسب از زمین‌های دامنه‌ای مستعد ناپایداری و ساختن بناهای ویلایی جدید در منطقه بر روی دامنه‌ها مزید بر علت شده است. جباری (۱۳۸۳) به بررسی عوامل ناپایداری دامنه‌ها در مناطق کوهستانی غرب دریاچه ارومیه پرداخت؛ نتایج حاصل نشان داد که نوع و میزان نفوذپذیری نهشته‌های سطحی، شیب زمین و بارش‌ها توجیه‌گر اصلی پراکندگی وقوع زمین لغزش‌های چرخشی و خاک‌روانی‌ها به شمار می‌رود و فعالیت‌های انسانی از جمله ایجاد کانال آبیاری، جاده‌ها و ساخت و سازها، کشت و زرع بر روی این مواد و عبور لوله‌های انتقال آب، در مقیاس وسیعی توانسته است تحرک‌پذیری مواد زمین را در قبال این حرکات به میزان زیادی تقلیل دهد. روستایی (۱۳۸۳)، در روستای نصیرآباد ورزقان با استفاده از روش‌های کمی عوامل ایجاد زمین لغزش بزرگ این منطقه در ۱۳۷۴ را مورد بررسی قرار داده است. در این تحقیق داده‌های زمین‌شناسی و عوامل ژئومورفولوژیکی مؤثر در ناپایداری‌های دامنه‌ای بررسی شد و بررسی‌های میدانی و داده‌های جمع‌آوری شده در رابطه با زمین‌شناسی، اقلیم، پوشش گیاهی، نوع خاک و کاربرد روش‌های مورفومتری نشان داد که بارش‌های ناگهانی شدید در منطقه و نفوذ آب‌های سطحی در بالادست دامنه به داخل مواد نهشته‌ای و ضخامت زیاد نهشته‌های سطحی در روی دامنه‌های با شیب متوسط، علت اصلی وقوع رانش زمین بوده است. زارع‌پور (۱۳۸۴) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه رودبار پرداخته است. در این تحقیق نقشه‌های رستری ۲۵۰ × ۲۵۰ متر، ۸ لایه اطلاعاتی شامل لیتولوژی، شیب، کاربری اراضی، فاصله از گسل، مدل رقومی زمین، بارندگی، نقشه پیش‌بینی شتاب زلزله و نقشه آبراه‌ها در منطقه رودبار و منجیل تهیه شد؛ سپس لایه‌های نام برده با لایه زمین لغزش اتفاق افتاده در منطقه پیوند داده شد تا با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS این لایه‌ها به اطلاعات عددی تبدیل شده و نهایتاً به شبکه عصبی وارد گردید و نقشه پهنه‌بندی احتمال خطر زمین لغزش در منطقه به دست آمد. انتظاری و همکاران (۱۳۸۴)، در محدوده حوضه آبریز سد بالایی سیاه‌بیشه با استفاده از GIS خطر زمین لغزش را بررسی کردند. عوامل مؤثر در ناپایداری شیب‌ها در منطقه مورد بررسی با توجه به شرایط محیطی، جنس سنگ‌ها و خاک‌ها، فاصله از گسل، میزان شیب دامنه‌ها، فاصله

از محور جاده و پراکندگی آبراهه‌ها تشخیص داده شد و نقشه پهنه‌بندی منطقه قسمت‌های مستعد لغزش را در پنج رده نشان مشخص ساخت. پورقاسمی و همکاران (۱۳۸۶)، در یک تحقیق به پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌های طبیعی با استفاده از توابع و ریاضیات فازی در بخشی از حوضه آبخیز هراز پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد اپراتور Gamma بهترین شکل نقشه حساسیت به خطر زمین لغزش را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۸۶)، به مطالعه پهنه‌بندی حرکات دامنه‌ای با تأکید بر زمین لغزش در حوضه آبریز مادرسو پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که استفاده از روش ارزش اطلاعاتی مناسب‌ترین روش پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه است. ساریخانی (۱۳۸۸) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به پهنه‌بندی زمین لغزش در منطقه تالش استان گیلان پرداخته‌است و با گرفتن خروجی از شبکه مناطق مستعد وقوع خطر رانش را شناسایی نمود. مختاری (۱۳۸۸) به بررسی آثار ژئومورفیکی عملیات راه‌سازی در مناطق حساس ژئومورفولوژیک در راه روستائی ارلان در شمال غرب ایران پرداخت؛ نتایج نشان داد که وجود پوششی از نهشته‌های اواری و آبرفتی کواترنری بر روی رسوبات میوسن در سه واحد عمده ژئومورفولوژیک منطقه، نقش عمده‌ای در پایداری دامنه‌های اطراف کوه گچی قلعه سی ایفا می‌کند؛ ولی از بین رفتن این پوشش‌ها در اثر مرمت‌های اخیر راه ارلان و تظاهر رسوبات مارنی میوسن و اسقرار راه بر روی این رسوبات، موجب تشدید فعالیت فرایندهای ژئومورفیک از قبیل حرکات توده‌ای (زمین لغزش، ریزش، روان‌گرایی) و فرسایش شیاری و آبکندی شده است. وثیق جانی و خسارات مالی فراوان شد لذا با توجه به احتمال وقوع مجدد چنین پدیده‌ای، این پژوهش انجام یافت و نتایج حاصل نشان داد که، وجود توده‌هایی با خاصیت خمیری بالا، شیب قابل توجه زمین و فراوانی آب در منطقه در وقوع زمین لغزش این منطقه مؤثر بوده‌اند.

#### محدوده مورد مطالعه

تنگه دره دیز در محدوده ۳۸ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی، در فاصله ۹۵ کیلومتری شمال شرقی شهر تبریز و در حد فاصل دو دشت هادی شهر در شمال و هرزندات در جنوب قرار گرفته است. بنابراین دو واحد توپوگرافیکی دشت و کوهستان مشخص کننده محدوده تنگه مزبور می‌باشند. تنگه دره دیز گذرگاه باریکی است که دشت هرزندات (در جنوب تنگه دره دیز، شمال شهرستان مرنند) را به دشت هادی شهر (شمال تنگه دره دیز، جنوب شهرستان جلفا) را به هم متصل می‌کند. کوه مرتفع دیوان داغی (دوون داغی) در غرب تنگه مذکور با ارتفاعی معادل ۲۳۴۹ متر و کوه قره‌گوز در شرق تنگه دره دیز با دو نقطه ارتفاعی ۲۴۱۵ متر و ۲۱۱۲ متر قرار گرفته است. بر طبق مطالعات انجام شده در خصوص ارتفاعات دیوان داغی، ده مخروط‌افکنه در پای دامنه‌های این کوه شناسایی شده است که از این تعداد تنها مخروط‌افکنه زال در محدوده مورد مطالعه قرار می‌گیرد که محور ارتباطی دو شهرستان مرنند و جلفا از روی مخروط‌افکنه مزبور عبور داده شده است. مخروط‌افکنه‌ها اشکال مثلثی شکل، دارای رسوبات سست دوران چهارم می‌باشند و نسبت به فرایندهای ژئومورفیک مانند

سیلاب و حرکات دامنه‌ای مواد حساسند، بنابراین هرگز از ثبات کافی برخوردار نیستند و پیوسته در معرض سیلاب و یا خطر رسیدن مواد انبوهی از عناصر ریز و درشت دانه قرار دارند. وقوع چنین پدیده‌هایی، خسارات جانی و مالی فراوانی را به بار می‌آورد (کرمی، بی‌تا). محدوده دره دیز در مسیر زهکشی آبراهه‌های نشأت گرفته از ارتفاعات می‌باشد که مسیر آنها اغلب به دلیل احداث جاده و یا ایجاد تونل تغییر یافته و از نواحی مجاور جاده مسیر خود را به دشت هادی شهر ادامه می‌دهند و از سویی ویژگی‌های زمین‌شناسی و تکتونیکی منطقه نیز در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در جاده ارتباطی محدوده مورد بررسی تأثیرگذار هستند.



شکل ۱: محدوده مورد مطالعه

## داده ها و روش شناسی

مدل رگرسیون لجستیک، یکی از روش‌های آماری پیش‌بینی کننده برای متغیرهای وابسته‌ای است که در آن حالت صفر و یک، با وقوع و عدم وقوع پدیده‌ها (مانند زمین‌لغزش‌ها) رابطه دارد. در این روش رابط رگرسیونی متغیرها خطی نبوده؛ بلکه به صورت منحنی S شکل یا لجستیک است. در این مدل برآوردها و تخمین‌ها در دامنه‌ای از صفر تا یک قرار می‌گیرند که اعداد نزدیک به صفر نشان دهنده احتمال وقوع کمتر و اعداد نزدیک به یک نشان دهنده احتمال وقوع بیشتر هستند.

در رگرسیون لجستیک متغیر وابسته با استفاده از رابطه (۱) بیان می‌شود:

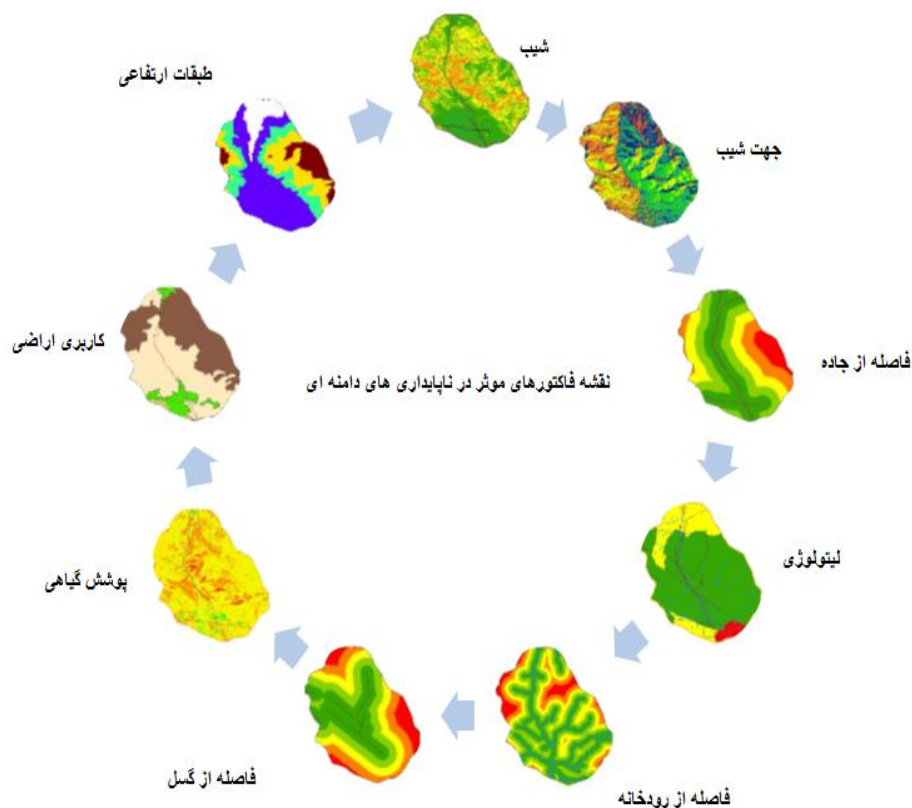
$$Y = \text{Logit}(p) = \ln(p/1-p) = C_0 + C_1x_1 + C_2x_2 + \dots + C_nx_n \quad \text{رابطه (۱)}$$

لوجیت (Logit) یا لگاریتم شانس در واقع مقدار لگاریتم طبیعی احتمال است.  $P$ : احتمال متغیر وابسته ( $y$ ) است.  $p/1-p$ : نسبت شانس یا احتمال.  $C_0$ : مقدار ثابت می‌باشد.

( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ): ضرایبی هستند که مشارکت عوامل مستقل ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) را برای متغیر  $y$  نشان می‌دهند. ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ): متغیرهای مستقل هستند.

در این مطالعه جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی ناپایداری‌های دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه، مراحل زیر به ترتیب انجام پذیرفته است.

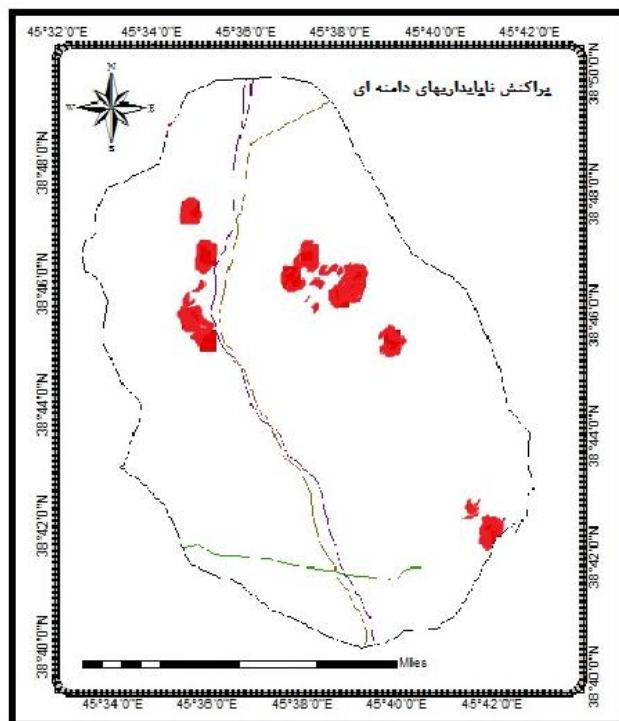
۱: تهیه نقشه عوامل مؤثر در ایجاد ناپایداری‌های دامنه‌ای به صورت لایه‌های مختلف اطلاعاتی در محیط GIS. ۲: تهیه نقشه‌های فاصله از رودخانه، فاصله از گسل و فاصله از جاده از طریق نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و ایجاد نقشه‌های فاصله از پارامترهای مورد نظر با استفاده از تابع Distance ۳: ایجاد نقشه‌های شیب و جهت دامنه از DEM (مدل رقومی ارتفاعی) ۴: تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه بر اساس طبقه‌بندی نظارت نشده تصویر ماهواره‌ای لندست سنجنده OLI\_TIRS ۵: تهیه نقشه زمین‌شناسی ۶: تبدیل داده‌های پراکنش زمین‌لغزش منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و نیز گوگل ارسبه پهنه‌های لغزشی ۷: انطباق لایه‌های اطلاعاتی با نقشه ناپایداری منطقه و محاسبه تراکم آنها در واحد سطح ۸: انجام مدل رگرسیون لجستیک با استفاده از نرم‌افزار ادریسی. شکل شماره (۲) نقشه فاکتورهای مؤثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای را نشان می‌دهد:



شکل ۲: نقشه های فاکتورهای مؤثر در وقوع ناپایداری های دامنه ای در محدوده مورد مطالعه

### نقشه پراکنش ناپایداری های دامنه ای

نقشه پراکنش ناپایداری های دامنه ای، نشان دهنده مناطقی با بیشترین میزان وقوع ناپایداری های دامنه ای است. در محدوده مورد مطالعه ناپایداری های دامنه ای به صورت پهنه ای رخ داده اند. برقراری رابطه میان این مناطق با نوع رخساره زمین شناسی آنها بسیار پر اهمیت است؛ چرا که مناطقی با رسوبات سست مستعدترین مناطق برای وقوع ناپایداری های دامنه ای می باشند. شکل زیر پراکنش ناپایداری های دامنه ای را نشان می دهد:



شکل ۳: نقشه پراکنش ناپایداریهای دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه

### آزمون Chi Square

آزمون کای دو، یک تست معتبر و معمولی برای رگرسیون لجستیک است که از اختلاف بین  $-2\ln(L)$  برای مدل بهترین برازش و  $-2\ln(L_0)$  برای فرضیه صفر، به دست می‌آید. چنانچه این آماره در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار باشد، ( $\text{Chi Square} > 14.1$ ) فرضیه صفر ( $H_0$ ) رد می‌شود. در محاسبات انجام یافته میزان مقدار شاخص  $\text{Chi} / 9376$  به دست آمده است.



**آزمون ( PR2 ) Pseudo R Square :**

مقدار PR2 می تواند از رابطه (۲) محاسبه شود:

$$PR^2 = 1 - \frac{\ln(L)}{\ln(L0)}$$

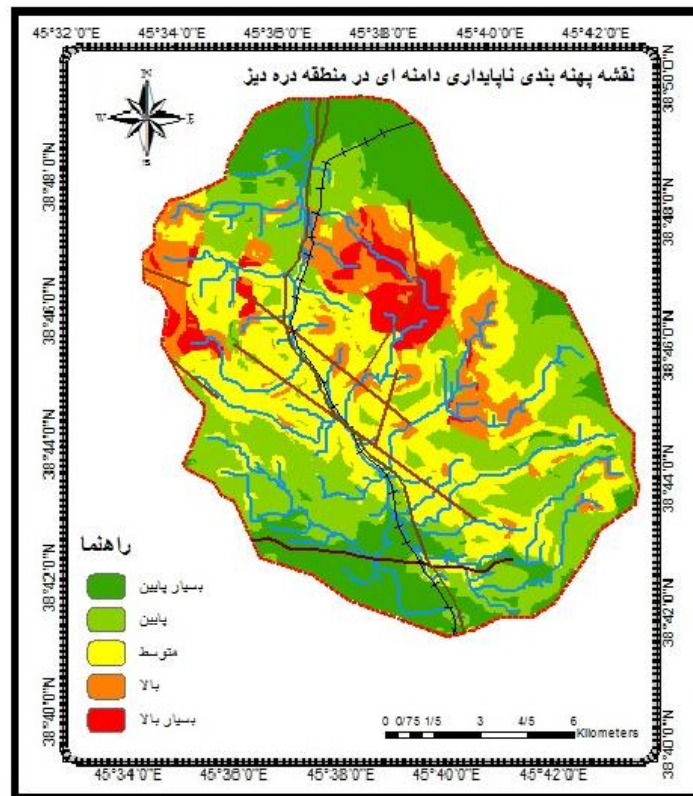
مقدار PR2 نشان می دهد که چگونه مدل لجستیک، مجموعه داده ها را برازش می دهد (منارد: ۱۹۹۵). بنابراین PR2 مساوی با ۱ نشان دهنده برازش کامل مدل است، چنانچه این مقدار برابر ۰ باشد نشان دهنده عدم رابطه متغیرهای مستقل با متغیر وابسته می باشد. چنانچه مقدار PR2 بزرگ تر از ۰/۲ باشد نشان دهنده برازش نسبتاً خوب مدل است (آیالیو و یاماگیشی، ۲۰۰۵). با توجه به اینکه در این تحقیق مقدار شاخص PR2 برابر ۰/۵۴۸۷ گردید و مقدار آن بزرگ تر از آستانه ۰/۲ می باشد، این مدل برازش قابل قبولی را نشان می دهد.

**شاخص ROC**

معیار دیگر، توجه به این مسأله است که مدل چه مقدار می تواند متغیر وابسته را به خوبی پیش بینی کند. در این مورد نرم افزار ادیسی از معیار ROC برای مقایسه یک نقشه بولین (وجود یا عدم وجود زمین لغزش) با نقشه احتمال به کار می رود. مقدار ROC از ۰/۵ تا ۱ متغیر است که ۱ نشان دهنده تطابق کامل و ۰/۵ نشان دهنده تطابق اتفاقی است. مقدار ۰/۹۸۲۹ به دست آمده در این مطالعه، نشان دهنده همبستگی بسیار بالای بین متغیر مستقل و وابسته است.

**نتایج و بحث**

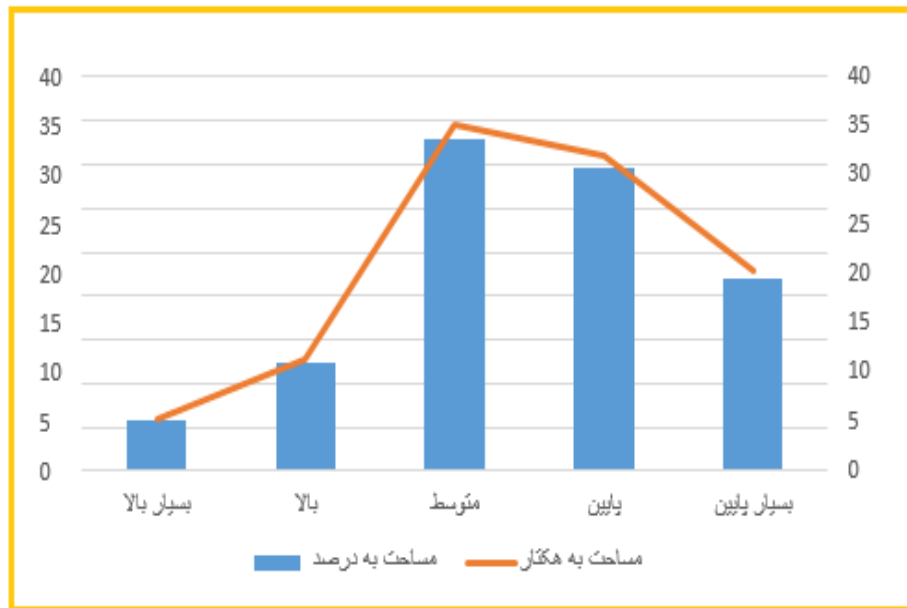
پس از تهیه نقشه فاکتورهای مؤثر در وقوع ناپایداری های دامنه ای در محدوده مورد مطالعه با استفاده از Arc Gis، نقشه پهنه بندی خطر ناپایداری های دامنه ای در ۵ کلاس خطر بسیار پایین، پایین، متوسط، بالا و بسیار بالا تهیه گردید. مساحت تحت اشغال هر یک از کلاس های مذکور ابتدا در جدول شماره (۱) و سپس بر روی نمودار (شکل ۵) به هکتار و همچنین به درصد برآورد شده است.



شکل ۴: نقشه پهنه بندی ناپایداری دامنه ای در محدوده مورد مطالعه

جدول ۱: ضرائب حاصل از مدل رگرسیون لجستیک

کلاس	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
بسیار بالا	۵۹۰	۵/۰۴
بالا	۱۲۷۷	۱۰/۹۲
متوسط	۳۹۴۵	۳۳/۷۶
پایین	۳۵۹۹	۳۰/۸۰
بسیار پایین	۲۲۷۴	۱۹/۴۶



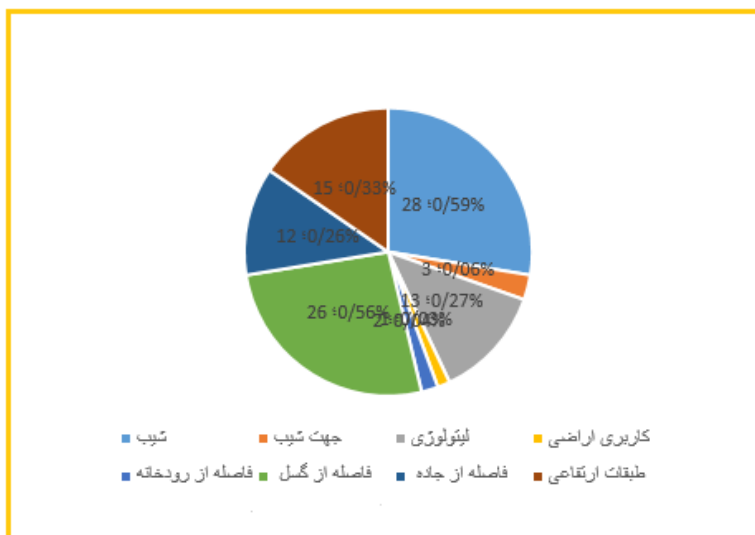
شکل ۵: نمودار مساحت کلاس های خطر در محدوده مورد مطالعه

بر طبق جدول شماره (۱)، مناطق کلاس خطر بسیار بالا مساحتی معادل ۵۹۰ هکتار برابر با ۵/۴۰ درصد از کل مساحت منطقه را به خود اختصاص داده‌اند و در مقابل مناطقی که به لحاظ دارا بودن استعداد وقوع خطر ناپایداری‌های دامنه‌ای در کلاس خطر بسیار پایین طبقه‌بندی شده‌اند، مساحتی برابر با ۲۲۷۴ هکتار برابر با ۱۹/۴۶ درصد از مساحت کل محدوده مورد مطالعه را به خود اختصاص داده‌است. پس از محاسبه مساحت کلاس‌های پنج‌گانه خطر برای محدوده مورد مطالعه، ضرایب تأثیرگذاری هر یک از فاکتورهای ۸ گانه بررسی شده در این مطالعه نیز مورد محاسبه قرار گرفته و در جدول شماره (۲) ارائه گردیده است. بر طبق جدول زیر از میان ۸ فاکتور مورد بررسی در وقوع خطر ناپایداری‌های دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه، بیشترین ضریب تأثیرگذاری با مقدار ۰/۵۹۷۵۵۷ به فاکتور شیب اختصاص دارد و در مقابل فاکتور کاربری اراضی با ضریب تأثیرگذاری ۰/۰۳۶۶ کمترین ضریب تأثیرگذاری را در وقوع خطر ناپایداری‌های دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه دارا می‌باشد. طبق بررسی‌های صورت گرفته بر روی مدل رقومی، ارتفاع محدوده مورد مطالعه بیشترین میزان وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در شیب‌های مربوط به شیب‌های ۶۷ الی ۹۰ درصد و در ارتفاعات ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ متری و در سازه‌های نیمه‌مقاوم الیکا قرار می‌گیرد.

جدول ۲: ضرائب فاکتورهای مورد بررسی در محدوده مورد مطالعه

علائم اختصاری برای معیارها	معیارها	ضرائب
X <sub>1</sub>	شیب	۰/۵۹۷۵۵۷
X <sub>2</sub>	جهت شیب	۰/۰۶۸۵۵۸۱
X <sub>3</sub>	طبقات ارتفاعی	۰/۳۳۱۹۵۵
X <sub>4</sub>	کاربری اراضی	۰/۰۳۶۶۷۵
X <sub>5</sub>	لیتولوژی	۰/۲۷۰۴۶۴
X <sub>6</sub>	فاصله از رودخانه	۰/۰۴۰۷۰۹
X <sub>7</sub>	فاصله از گسل	۰/۵۶۲۹۴۲
X <sub>8</sub>	فاصله از جاده	۰/۲۶۳۷۵۱

شکل زیر نموداری شماتیک از میزان ضرایب هریک از فاکتورهای مؤثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد:



شکل ۶: نمودار ضرایب فاکتورهای مؤثر در محدوده مورد مطالعه

### نتیجه گیری

بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط کارشناسان اداره راه و ترابری استان آذربایجان شرقی، تنگه دره دیز به همراه گردنه نهم وار یکی از دو تنگه بسیار پرخطر استان آذربایجان شرقی می باشند که با دیواره‌های پرشیب - که در برخی مناطق به ۹۰ درجه می‌رسد - سالیانه در معرض بسیاری از عوامل مورفونیک تهدید کننده شبکه‌های ارتباطی اعم از ریزش، لغزش، بهم‌ن و... قرار می‌گیرد و از سویی دیگر در اثر اقدامات انسانی در جهت ساخت سازه‌های عمرانی و احداث راه‌های ارتباطی و... فراوانی وقوع این نوع از حرکات دامنه‌ای، افزایش یافته‌است. با توجه به استعداد بالای تنگه دره دیز در خصوص وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای این محدوده به صورت موردی، مورد بررسی قرار گرفته و ۸ فاکتور مؤثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای بررسی و ضرائب تأثیرگذاری هر یک از آنها در جدول شماره (۲) ارائه گردیده است. طبق نتایج حاصل از بررسی‌های صورت گرفته، از میان فاکتورهای بررسی شده، فاکتور شیب با ضریبی برابر با ۰,۵۹ درصد، فاکتور فاصله از گسل با ضریبی برابر با ۰,۵۶ درصد و فاکتور طبقات ارتفاعی با ضریبی برابر با ۰,۳۳ درصد، مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در تنگه مذکور می باشند. با توجه به جداول بالا، نقشه پهنه‌بندی خطر ناپایداری‌های دامنه‌ای در پنج کلاس خطر تهیه گردیده و سپس مساحت هر یک از کلاس‌ها نیز برآورد گردید. کلاسی که تحت عنوان کلاس خطر بالا معرفی می‌شود دارای مساحتی معادل ۵۹۰ هکتار می باشد. قابل ملاحظه است که بیشترین میزان وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در شیب‌های مربوط به شیب‌های ۶۷ الی ۹۰ درصد و در ارتفاعات ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ متری، در سازندهای نیمه مقاوم الیکا رخ می‌دهد. در سال‌های اخیر در نتیجه دخالت عوامل انسانی از جمله احداث جاده، خطوط راه‌آهن، احداث کارخانه‌های متعدد و ارتعاشات ناشی از انفجارهای حین احداث تونل، تعادل دامنه‌ها در محدوده مورد مطالعه بر هم خورده است و در نتیجه در مناطقی که ویژگی‌های طبیعی آنها استعدادپذیری بالایی برای وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای دارند به وفور در معرض این نوع از مخاطرات زمین - ریخت‌شناسی قرار گرفته‌اند.

## منابع

۱. انتظاری، امیر، ارومیه‌ای، علی، غیومیان، جعفر، باقری، حمید و حمیدرضا حاجی حسنی (۱۳۸۴). "پهنه بندی خطرزمین لغزش در محدوده حوضه آبریز سد بالایی سیاه بیشه"، مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۳۸۴.
۲. بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۶). "خطر ریزش‌های سنگی در دامنه‌های شرقی سهند و پهنه‌بندی محدوده‌های مخاطره‌آمیز در حوضهٔ قرنقو چای"، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز) سال چهاردهم، شمارهٔ بیست و هشت، تابستان، صص: ۵۲ - ۱۷.
۳. پورقاسمی، حمیدرضا، حمیدرضا مرادی، مجید محمدی (۱۳۸۶). "کاربرد منطق فازن و Gis در شناسایی و پهنه‌بندی ناپایداری دامنه و مدیریت محیط زیست"، اولین کنفرانس مهندسی برنامه ریز و مدیریت محیط زیست دانشگاه تهران.
۴. پیوندی، زکیه، محمد غفوری، غلامرضا لشکری‌پور، ناصر حافظی مقدس (بی‌تا). "بررسی ناپایداری شیبی در دره ابرده - زشک"، کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، صص: ۳۸۹ - ۳۸۰.
۵. جباری، ایرج (۱۳۸۳). "عوامل ناپایداری دامنه‌ها در مناطق کوهستانی غرب دریاچه ارومیه"، پژوهش‌های جغرافیایی - شماره پنجاه، زمستان، صص: ۱۷ - ۱.
۶. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۸۶). مطالعه و پهنه‌بندی حرکات دامنه‌ای با تأکید به لغزش (حوضه آبریز رودخانه مادرسو)، مقاله سمینار دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی.
۷. روستایی، شهرام (۱۳۸۳). "بررسی وقوع زمین‌لغزش در روستای نصیرآباد ورزقان (استان آذربایجان شرقی) با استفاده از روش‌های کمی"، فصلنامه علوم انسانی، دورهٔ ۸، شمارهٔ ۱، صص: ۲۳-۴۳.
۸. زارع پور، سهیلا (۱۳۸۴). "پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه رودبار منجیل با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم تهران.
۹. ساریخانی، رامین (۱۳۸۸). "پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی. مطالعه موردی: تالش استان گیلان، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم تهران.
۱۰. فیض نیا، سادات، احمدی، حسن، حسن‌زاده نفوتی، محمد (۱۳۸۰). "پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز شلمانرود در استان گیلان"، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۴، شماره ۳، سال ۱۳۸۰، صص: ۲۱۹-۲۰۷.
۱۱. کرمی، فریبا (بی‌تا). "آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی مستقر بر روی مخروط افکنه‌ها از سیلابها و مواد دامنه‌ای مطالعه موردی: پاپکوه‌های شمالی رشته کوه‌های بزقوش"، مجله فضای جغرافیایی، صص: ۸۹-۱۰۲.
۱۲. مختاری، داود (۱۳۸۸). "آثار ژئومورفیکی عملیات راهسازی در مناطق حساس ژئومورفولوژیک. مطالعه موردی: راه روستائی ارلان در شمال غرب ایران"، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال بیستم، شماره چهارم، زمستان. صص: ۴۲ - ۱۷.

۱۳. وثیق، یوسف ( ۱۳۹۰). "بررسی زمین لغزش مسیر جاده اردبیل - سراب"، مجله زمین شناسی، دوره هفدهم، شماره یک، پاییز، صص: ۵ - ۱.
14. Ayalew. L. Yamagishi. H. Marui. H &Kanno. T. (2005). "Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications." *Engineering Geology* 81. (2005). 432- 445.
15. Chau. K.T. Sze .Y.L, M.K. Fung, W.Y. Wong, E.L. Fong, L.C.P. (2003)." Landslide hazard analysis for HongKongusing landslide inventory and GIS K.T." *Computers& Geosciences* 30. (2004). pp:429-443
16. Chen, H. Lee, C. (2004)" Geohazard of Slope Mass Movement and Its Prevention in Hong Kong", *Engineering Geology*, Vol.76, PP.3- 25.
17. Sarolee, K. M, 2001, "Statistical Analysis of landslide susceptibility at Yonging, Korea ", *Environmental Geology*, 40, pp: 1095-1113.