

## پهنه‌بندی خطر ناپایداری‌های دامنه‌ای در جاده‌های کوهستانی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (MLP) مطالعه موردی: (تنگه دره دیز)

### شهرام روستایی

استاد گروه ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

### فاطمه خدائی\*

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۲۵

### چکیده

تنگه دره دیز یکی از مخاطره‌آمیزترین تنگه‌های استان آذربایجان شرقی، از لحاظ وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای است. با توجه به انطباق این تنگه با تنها جاده ارتباطی شهرستان مرند - جلفا، یکی از بهترین راه‌های نگهداری و حفظ امنیت این مسیر، شناسایی مناطق و نقاط بحرانی و به عبارتی پهنه‌بندی خطر وقوع ناپایداری دامنه‌ای این تنگه است. در این راستا در ابتدا داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری و سپس پردازش شدند و سپس لایه‌های اطلاعاتی لازم در محیط GIS، تهیه گردیده و سپس نقشه پهنه‌بندی خطر ناپایداری در نرم‌افزار IDRISI و در محیط شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) با ساختار ۱-۱۰-۱۵ تهیه شد و مناطق مستعد وقوع خطر ناپایداری‌های دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه در پنج کلاس خطر بسیار بالا، بالا، متوسط، پایین و بسیار پایین مشخص گردید. بر طبق نتایج حاصل عواملی مانند شیب و فاصله از گسل مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در تنگه دره دیز و در نهایت سبب ناامنی هر چه بیشتر جاده می‌باشند.

**واژگان کلیدی:** پهنه‌بندی خطر، ناپایداری‌های دامنه‌ای، جاده‌های کوهستانی، تنگه دره دیز، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP).

### مقدمه

ناپایداری‌های دامنه‌ای از جمله عوامل مورفوژنز تهدید کننده جاده‌های کوهستانی با منشأ ژئولوژیک محسوب می‌شوند که وقوع آن‌ها در نواحی مختلف جهان منجر به زیرورو شدن حیات اجتماعی و اقتصادی، مرگ ده‌ها انسان، و توقف فعالیت‌های انسانی می‌شود (رجائی، ۱۳۸۲، ۱۳۰). مکانیسم و پیامد وقوع این نوع از مخاطرات طبیعی در پروسه‌های زمانی طولانی مدت و کوتاه مدت قابل بررسی است، چرا که ناپایداری‌های دامنه‌ای در نواحی مستعد از لحاظ ویژگی‌های طبیعی و همچنین دست‌کاری شده توسط انسان‌ها، در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت (همانند ریزش) و یا در طی زمان‌های

طولانی و به‌آرامی (همانند خزش) رخ داده و باعث برهم خوردن تعادل ژئو اکوسیستم محدوده خطر می‌شوند. به‌عنوان مثال، سبب برهم خوردن سیستم آب‌وخاک، تخریب پوشش گیاهی، از دست رفتن زمین‌های مرغوب قابل کشت، رسوب زایی سریع و وسیع در عرصه طبیعت و در نتیجه افزایش رسوب‌های پشت سدها و تسریع فرسایش می‌شوند و از سوی دیگر، آسیب‌های کلان اقتصادی مانند تخریب جاده‌ها و سایر سازه‌های مهندسی مانند خطوط انتقال انرژی به بار می‌آورند. اگرچه آسیب‌های جانی ناشی از این نوع مخاطرات جبران ناپذیر است ولی قطعاً می‌توان با اقدام به مطالعه پایداری شیب‌های مناطقی که برای انجام انواع پروژه‌های عمرانی مانند مسیر بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی و فرعی کوهستانی، و یا احداث انواع سازه‌های عمرانی همانند احداث سدهای خاکی و بتونی و همچنین آب‌بندها و کانال‌های انتقال آب، احداث تونل‌های عبوری و طرح‌های توسعه جنگل‌ها و مراتع طبیعی گزینش می‌شوند، میزان خسارات اقتصادی ناشی از آن‌ها را به حداقل رسانید (شریعت جعفری، ۱۳۷۵، ۳).

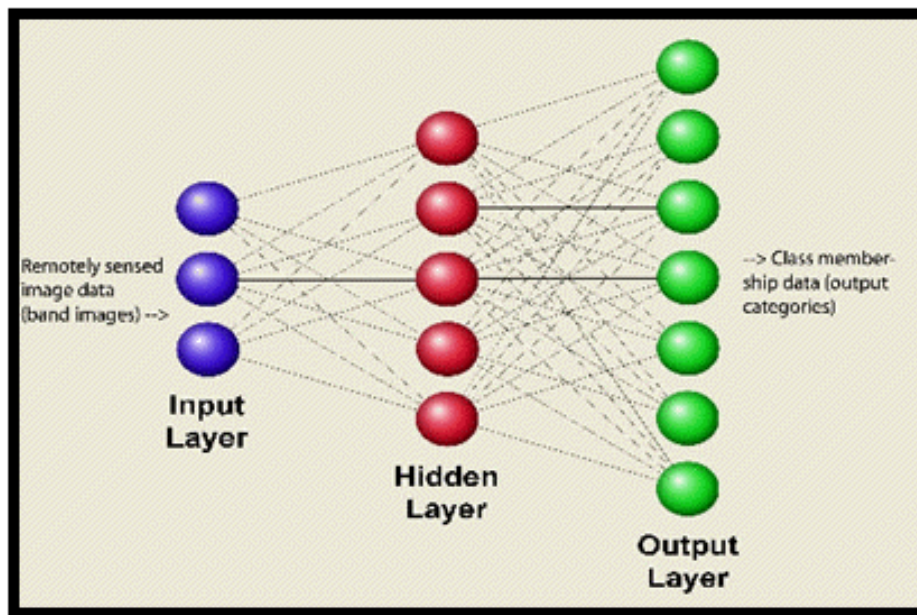
این پژوهش در جهت بررسی خطر وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در طول مسیر جاده‌های کوهستانی صورت پذیرفت. محدوده مورد بررسی این پژوهش، تنگه دره دیز، یکی از تنگه‌های پر خطر آذربایجان شرقی است که از یک‌سو به دلیل ویژگی‌های طبیعی و از سوی دیگر در نتیجه اقدام‌های انسانی برای احداث راه ارتباطی، سالانه و به‌دفعات در معرض خطر ناپایداری‌های دامنه‌ای قرار می‌گیرد. لذا هدف این پژوهش پهنه‌بندی خطر وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در مسیر ارتباطی منطبق بر این تنگه است. در این راستا از میان انواع روش‌های موجود جهت پهنه‌بندی مناطق خطر، همانند روش رگرسیون لجستیک، ANP، AHP، تاپسیس، L<sub>NRF</sub>، روش موسسه راه ژاپن و ...، روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه MLP مورد استفاده قرار گرفت.

شبکه عصبی پرسپترون چند لایه یک روش آماری ناپارامتریک است که از سوی پژوهشگران خارجی و داخلی در خصوص مقوله پهنه‌بندی، بارها مورد استفاده قرار گرفته است. به‌عنوان مثال سارلی و همکاران (۲۰۰۶) در منطقه جونقوک کره، کانپانی و همکاران (۲۰۰۸) در منطقه پیت نزا واقع در ایتالیا، یلماز و همکاران (۲۰۰۹) در منطقه کت (توکت) ترکیه، پرادهان و همکاران (۲۰۱۰) در مالزی، با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی، میزان حساسیت پذیری مناطق مختلف جهان را از خطر وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای مورد ارزیابی قرار دادند. از جمله پژوهش‌های داخلی انجام شده با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. زارع پور (۱۳۸۴) در منطقه رودبار، راکعی و همکاران (۱۳۸۴)، در ناحیه سفیدارگله سمنان، فاطمی عقدا و همکاران (۱۳۸۲) در منطقه تالش، ساریخانی (۱۳۸۸) در منطقه تالش و گیلان، سوری و همکاران (۱۳۹۱) در حوضه کشوری (نوژیان).

## داده‌ها و روش‌ها

مدل شبکه‌های عصبی نوعی مدل‌سازی ساده‌انگارانه از سیستم‌های عصبی واقعی هستند که کاربرد فراوانی در حل مسائل مختلف در علوم دارند. شبکه‌های عصبی مصنوعی یک تکنیک آماری ناپارامتریک است که برای کمی‌سازی و

مدل سازی رفتارها و الگوهای پیچیده مورد استفاده قرار می گیرد. مزایای شبکه عصبی مصنوعی که باعث ارجحیت آن نسبت به سایر روش های آماری می گردد عبارتند از: عدم نیاز آن ها به توزیع آماری خاص، توانایی انجام عملیات با مقیاس های متفاوت (عدم نیاز به وجود مقیاس واحد) و توانایی حل مسائل غیرخطی با پیچیدگی بالا (صیادی، ۱۳۸۷، ۶). شبکه های عصبی دارای انواع چهارگانه پرسپترون چندلایه، تابع شعاعی، کوهنن، آرتمپ فازی است که در این پژوهش، پرسپترون چند لایه (Multilayer perceptron یا به اختصار MLP) که یکی از ساده ترین و در عین حال کارآمدترین چیدمان های پیشنهادی برای استفاده در مدل سازی عصب های واقعی است و از یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی تشکیل می شود مورد استفاده قرار گرفته است. در این ساختار، تمام نرون های یک لایه به تمام نرون های لایه بعد متصل هستند و تعداد نرون های هر لایه مخفی به روش سعی و خطا مشخص می گردد تا کیفیت مطلوب (رسیدن به حداقل خطا در آموزش و سادگی مدل) به دست آید و سپس با استفاده از دیگر مجموعه داده ها بررسی و آنالیز می گردد. شکل (۱) نمایش شماتیک از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه است.



شکل ۱: نمایش شماتیک مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه

در نرم افزار ادیسی یک سری قوانینی برای انتخاب تعداد نرون وجود دارد تعداد نرون پیش فرض از رابطه زیر به دست می آید.

$$M = \text{int}(\sqrt{np})$$

در این معادله  $n$  تعداد ورودی و  $p$  تعداد خروجی است و تابع  $\text{int}$  تابعی است که خروجی را به عدد صحیح تبدیل می کند. (رحیمی، ۱۳۹۲، ۵۱).

## نرمال‌سازی داده‌ها

نرمال‌سازی داده‌های ورودی به دلایلی اعم از افزایش سرعت و دقت شبکه، یکسان کردن ارزش‌های داده‌های ورودی برای شبکه، عدم کوچک شدن بیش از حد وزن‌ها و اشباع زود هنگام (Over fitting) نرون‌ها صورت می‌گیرد. برای نرمالیزه کردن داده‌های خام<sup>۱</sup> روش‌های زیادی وجود دارد اما روش زیر که ضریب تقریب‌ساز جهانی نیز نامیده می‌شود معمولاً کاربرد زیادی دارد، و به صورت فرمول زیر بیان می‌شود:

$$+0.5 X_{mnd} = \left( \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \right)$$

$X_i$ : مقدار هر پارامتر؛

$X_{min}$  و  $X_{max}$ : به ترتیب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین پارامتر مورد نظر است.

تابع فعالیت: این تابع که تابع فشرده‌سازی نیز نامیده می‌شود یکی از مهم‌ترین تابع‌های مدل پرسپترون چند لایه است و کارکرد اصلی آن اعمال مجموع وزنی بر روی ورودی‌ها، قبل از عبور سیگنال به لایه بعدی است. در شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، تابع سیگموئید به دلیل مشتق‌گیری پیوسته و سادگی آن، انتخاب شده است که فرمول محاسبه آن به صورت زیر است:

$$f_x = \frac{1}{1 + e^{-\beta x}}$$

در این فرمول  $\beta$  پارامتر شیب است که معمولاً یک در نظر گرفته می‌شود، زمانی که forward propagation به پایان رسید، فعالیت نودهای خروجی با فعالیت‌های مورد انتظار مقایسه می‌گردد. در شرایط نرمال، خروجی شبکه با خروجی مورد انتظار اختلاف دارد که خطای شبکه نامیده می‌شود. این خطا جهت محاسبه دوباره وزن دوباره به شبکه برگردانده می‌شود. و سپس وزن‌های ارتباطات به وسیله فرمول زیر اصلاح می‌شود:

$$\Delta w_{ji}(t+1) = \eta (\delta_j x_i) + \alpha \Delta w_{ji}(t)$$

$\eta$ : نرخ پارامتر یادگیری که پیشنهاد می‌شود پارامتر نرخ آموزش بین ۱- تا ۰/۲ باشد.

$\alpha$ : پارامتر مومنتوم: فاکتور مومنتوم معمولاً در دامنه بین صفر تا یک است ولی در اکثر پژوهش‌های مربوط به غیر از علوم فضایی این فاکتور بین ۰/۹ تا ۰/۹۵ در نظر گرفته می‌شود. اما در پژوهش‌های علوم فضایی پیشنهاد می‌شود فاکتور را بین ۰/۵ تا ۰/۹ در نظر گرفته شود (مرادی، ۱۳۹۳، ۵۹).

تعیین تعداد نرن‌های میانی؛

تعداد نرون‌های میانی در شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

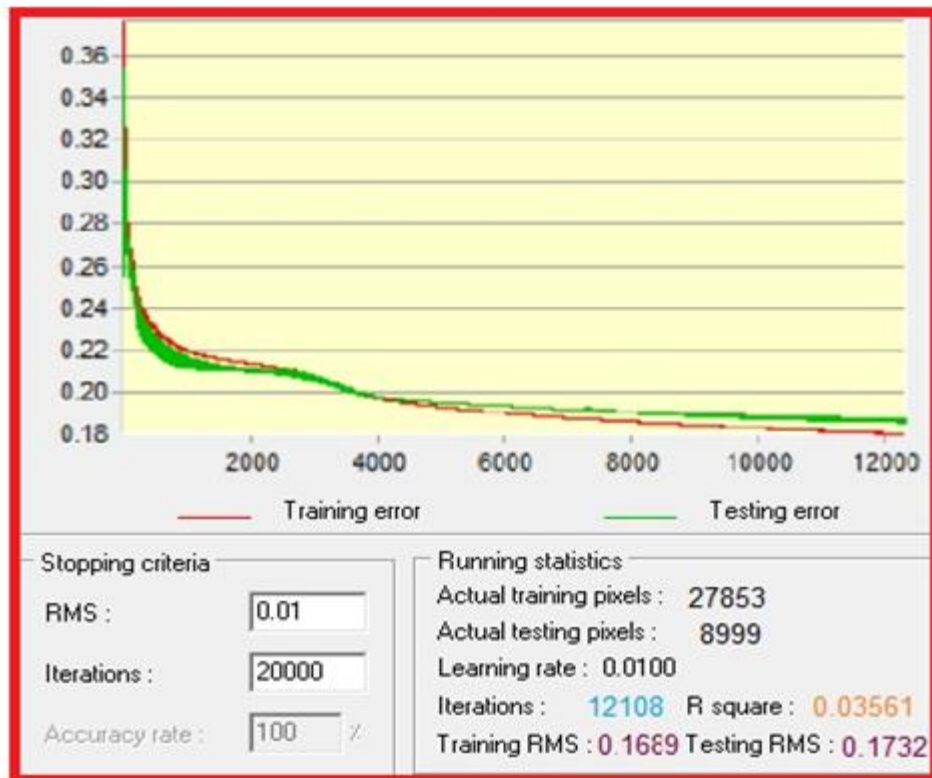
$$N_n = \text{INT}(\sqrt{N_i \times N_o})$$

$N_i, \dots, N_n$ : تعداد لایه‌های میانی؛

$N_o$ : تعداد لایه‌های خروجی؛

<sup>۱</sup>.Raw data

الگوریتم مورد استفاده در این شبکه الگوریتم پس انتشار است. معماری مناسب شبکه عصبی با استفاده از روش سعی و خطا که با تغییر میزان نرون‌های میانی و ثابت بودن سایر پارامترها به دست می‌آید و تا بهترین حالتی که کمترین مقدار خطا در مرحله تست و آموزش به دست می‌آید را انتخاب کرد، بدین منظور در هر مرحله آموزش میزان  $RMS^1$  می‌شود تا در جایی که مقدار آن افزایش یافت، آموزش شبکه متوقف شده و میزان تکرار بهینه و خطای مناسب آموزش برای شبکه تعیین شود. در پژوهش حاضر این تکرار بهینه در تکرار ۱۲۱۰۸ با میزان خطای آموزشی ۰/۱۶۸ و خطای تست ۰/۱۷۳ به دست آمده است. شکل (۲) نشان‌دهنده منحنی تکرار بهینه است.



منبع: نگارندگان

شکل ۲: منحنی مربوط به تکرار بهینه

از دیگر روندهای مهم در معماری شبکه انتخاب بهترین نرخ آموزش و فاکتور مومنتوم می‌باشد که در این پژوهش مقادیر ۰/۰۱ و ۰/۵ به ترتیب به مناسب‌ترین نرخ آموزش و فاکتور مومنتوم انتخاب شدند جدول (۱).

<sup>1</sup>: Root Mean Square

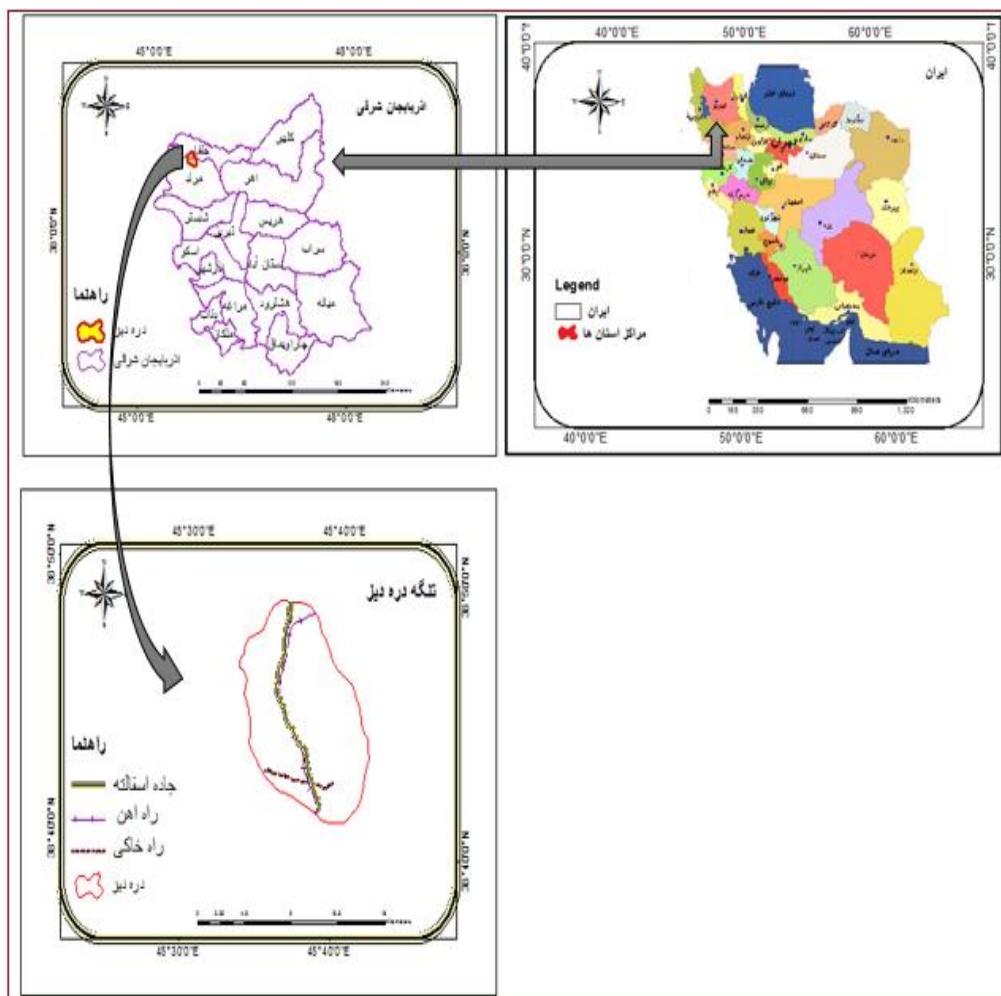
جدول ۱: بهترین مقادیر نرون میانی در هر سطح یادگیری

خطای RMS Test	خطای MSE Train	تعداد نرون	فاکتور مومنتوم	ضریب یادگیری
۰/۱۷۳	۰/۱۶۸	۱۵	۰/۵	۰/۰۱
۰/۶۳۲	۰/۵۲۴	۸	۰/۷	۰/۰۱۴
۰/۴۳۴	۰/۲۹۹	۱۶	۰/۶	۰/۰۱

منبع: نگارندگان

### موقعیت محدوده مورد مطالعه

محدوده معرفی شده تحت عنوان تنگه دره‌دیز، ناحیه‌ای با وسعت معادل ۱۱۸ کیلومترمربع، در حد فاصل دو دشت هادی شهر در شمال و هرزندات در قسمت جنوبی آن و در حدود ۹۵ کیلومتری شهر تبریز واقع شده است. بنابراین دو واحد توپوگرافیکی دشت و کوهستان مشخص‌کننده محدوده تنگه مزبور می‌باشند، چرا که در واقع تنگه دره‌دیز گذرگاه باریکی است که دشت هرزندات (در جنوب تنگه دره‌دیز، شمال شهرستان مرند) را به دشت هادی شهر (شمال تنگه دره‌دیز، جنوب شهرستان جلفا) متصل می‌کند. کوه مرتفع دوون‌داغی در غرب تنگه مذکور با ارتفاعی معادل ۲۳۴۹ متر و کوه قره‌گوز در شرق تنگه دره‌دیز با دو نقطه ارتفاعی ۲۴۱۵ متر و ۲۱۱۲ متر قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه منطبق بر مختصات جغرافیایی ۴۲° تا ۳۸° عرض شمالی و ۴۲° تا ۴۵° طول شرقی می‌باشد. تنگه دره‌دیز دارای اهمیت استراتژیکی است زیرا علاوه بر جاده ارتباطی شهرستان مرند و جلفا، راه آهن دولتی ایران نیز از لحاظ مسیر منطبق بر این تنگه می‌باشد. این تنگه تنها راه ارتباطی مستقیم ایران به نخجوان محسوب می‌شود. از دیدگاه زمین‌ساختی فازهای مختلف کوهزایی به‌ویژه لارامید- پیرنه، ساوین و آسترین در تکوین پیکره ناهمواری‌های منطقه مؤثر بوده است. در دوران دوم به‌ویژه تحت فازهای زمین‌ساختی کمبری پیشین و پسین، نیروهای فشارشی (جانبی و عمودی)، سازندهای زمین‌شناسی و ارتفاع‌های منطقه در حین فرازش زمین‌ساختی (به دلیل داشتن انعطاف‌پذیری) به‌صورت نامنظم چین‌خورده‌اند ولی در دوران سوم، تحت فازهای زمین‌ساختی پیرنه، ساوین و آسترین در اغلب سازندهای زمین‌شناسی، نظیر انواع سازندهای آهکی، دولومیتی و شیل به دلیل سفت و سخت‌شدن و از دست دادن انعطاف‌پذیری، گسل‌های زیادی ایجاد شده است. هم‌زمان با فرازش و پیدایش ارتفاع‌های منطقه (به‌صورت دپرسیون) چاله‌های فرونشستی فشارشی نظیر دشت‌های هادی شهر و هرزندات شکل گرفته‌اند. بالاخره حجم زیادی از مواد رسوبی دوران سوم در آن‌ها انباشته شده و آبرفت‌های کوتاه‌تری به‌صورت دگر شیب و با ضخامت زیاد در آن‌ها نهشته شده‌اند. شکل (۳) نشان‌دهنده موقعیت منطقه مورد مطالعه است (عابدینی، ۱۳۸۵، ۱۹۳-۲۱۲).

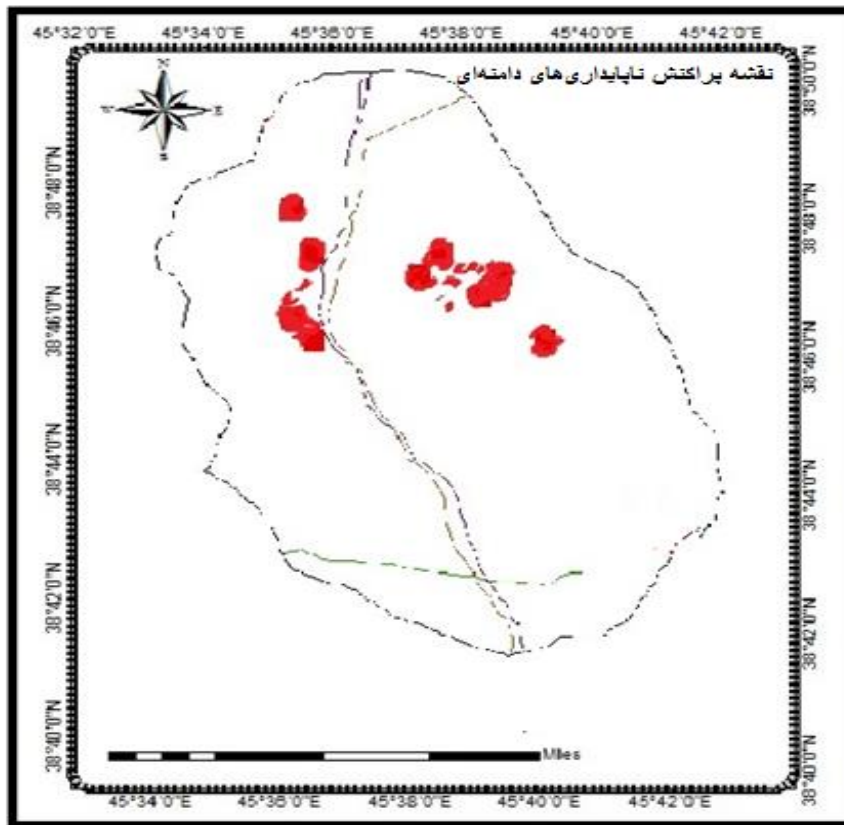


شکل ۳. موقعیت منطقه مورد مطالعه

## یافته‌های پژوهش

### نقشه سیاهه ناپایداری‌های دامنه‌ای

نقشه سیاهه ناپایداری‌ها، مجموعه‌ای از ناپایداری‌های رخ داده در یک ناحیه مشخص است که، سبب نوعی آگاهی و بصیرت در مورد مکان‌های وقوع ناپایداری‌ها، اطلاعات، نوع و آسیب‌های آن‌ها می‌شود. در ناحیه مورد مطالعه نقشه سیاهه مربوط به ناپایداری‌ها، به صورت پهنه‌ای و بر اساس تصویر ماهواره‌ای ۲۰۱۴ ماهواره لندست ۸ ستجده OLI تهیه گردیده است. مساحت پیکسل‌های ناپایدار منطقه حدود ۲۷۳ هکتار می‌باشد که حدود ۲۳ درصد مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است. شکل (۴) نقشه سیاهه ناپایداری‌های منطقه را نشان می‌دهد.

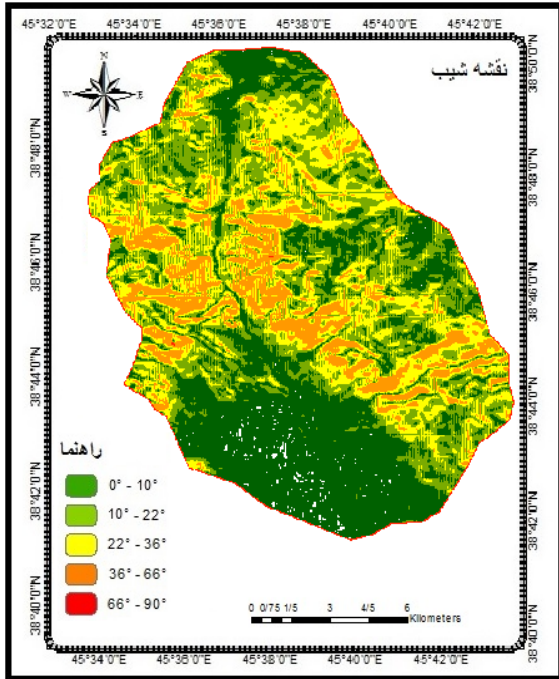


منبع: نگارندگان

شکل ۴: نقشه سیاهه ناپایداری‌های دامنه‌ای محدوده مورد مطالعه

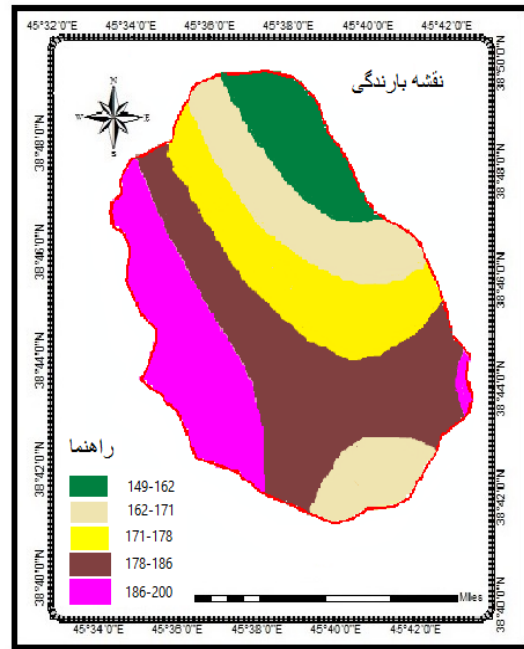
در این پژوهش برای پهنه‌بندی خطر وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه ۱۰ فاکتور تأثیرگذار نظیر شیب، جهت شیب، طبقه‌های ارتفاعی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، بارندگی و لیتولوژی مورد توجه قرار گرفته‌اند. لازم به توضیح است که با وجود آن‌که پارامتر جنس خاک یکی از پارامترهای اساسی در مباحث مربوط به پایداری شیب می‌باشد، به دلیل عدم وجود مطالعات خاک‌شناسی در خصوص محدوده مورد مطالعه، امکان استفاده از پارامتر مذکور در پژوهش حاضر میسر نبوده است. نقشه عوامل فوق ابتدا در محیط ARCGIS تهیه و سپس وارد محیط شبکه عصبی مصنوعی MLP شد.



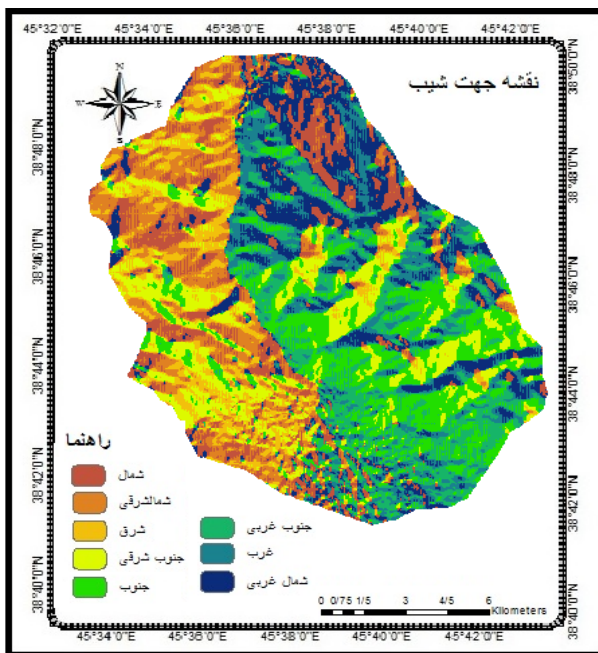


شکل ۶: نقشه شیب

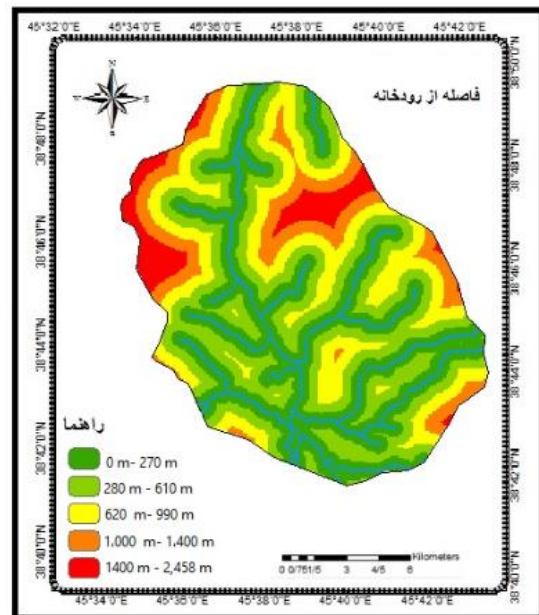
شیب



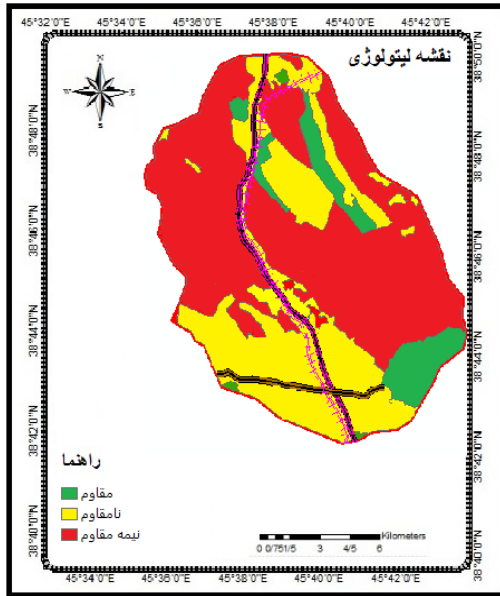
شکل ۵: نقشه بارندگی



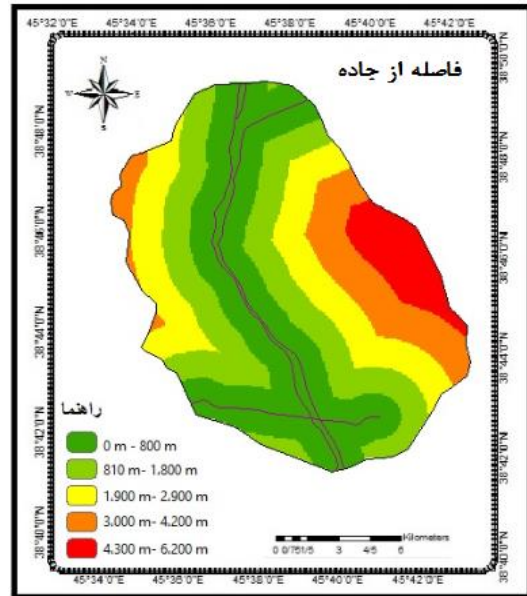
شکل ۸: نقشه جهت شیب



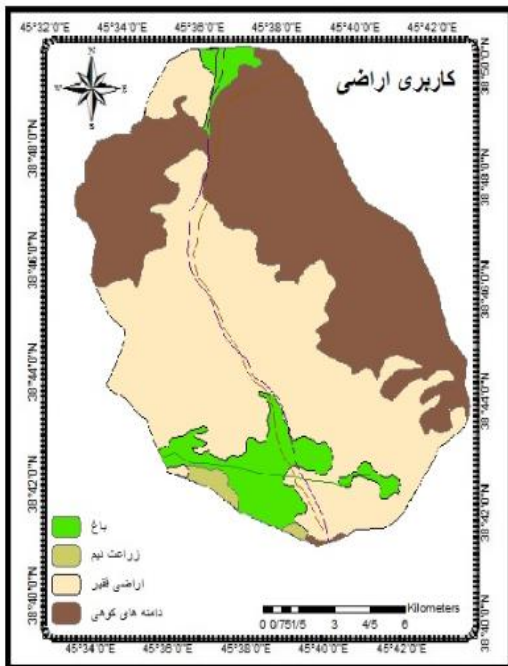
شکل ۷: نقشه فاصله از رودخانه



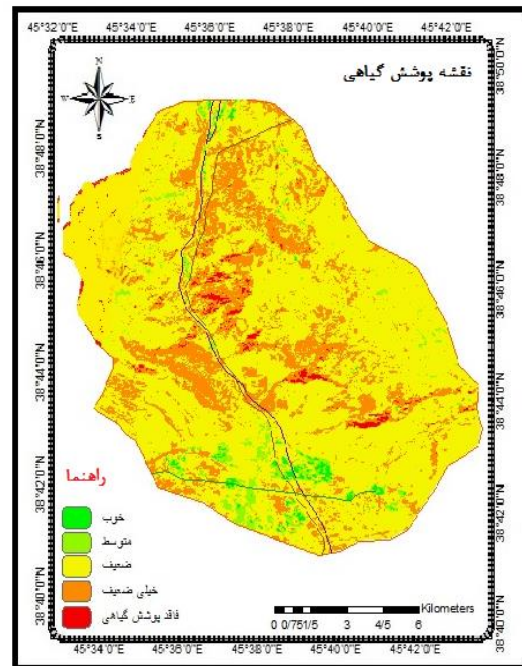
شکل ۱۰: نقشه لیتولوژی



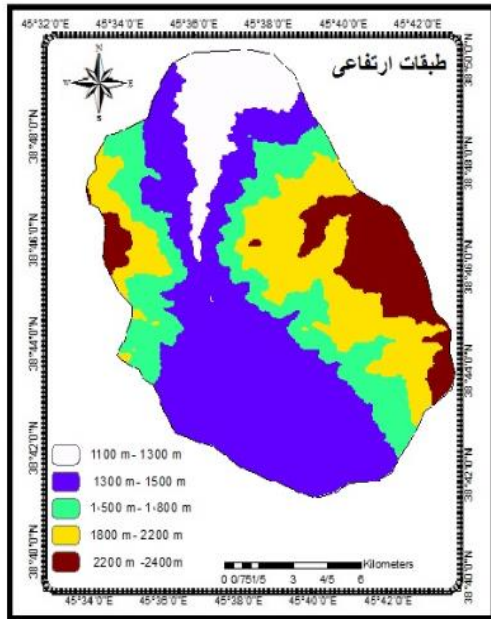
شکل ۹: نقشه فاصله از جاده



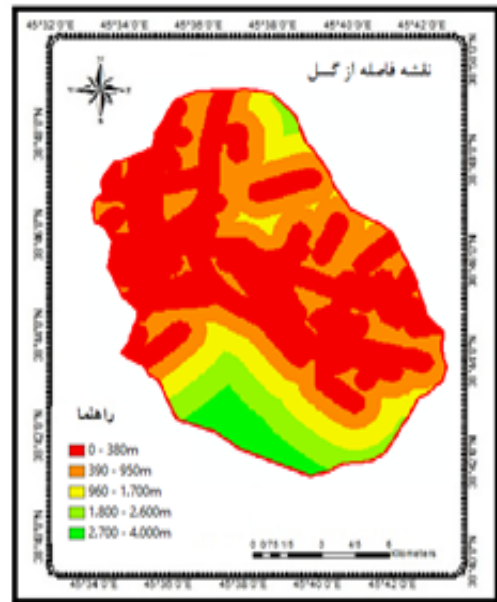
شکل ۱۲: نقشه کاربری اراضی



شکل ۱۱: نقشه پوشش گیاهی

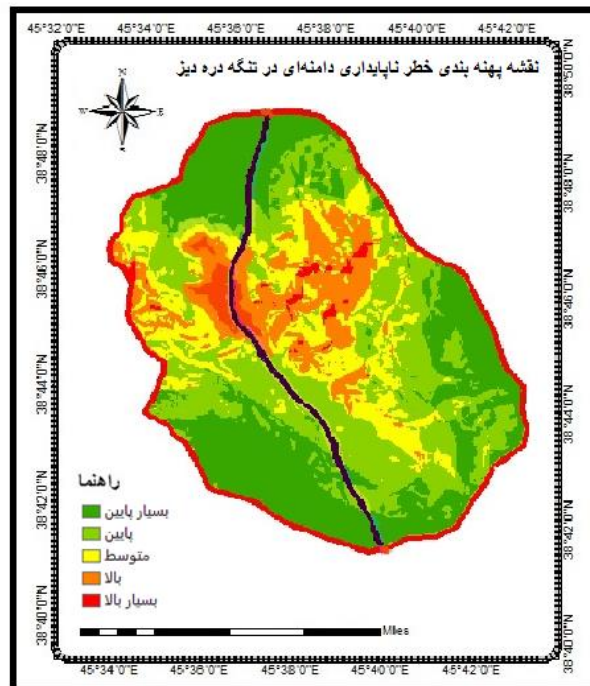


شکل ۱۴: نقشه طبقه‌های ارتفاعی

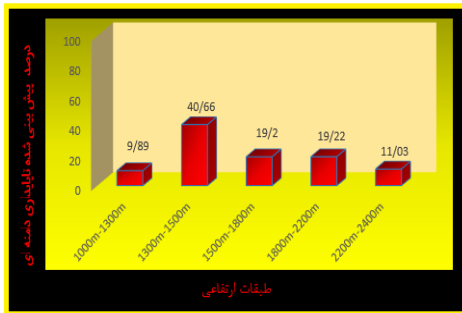


شکل ۱۳: نقشه فاصله از گسل

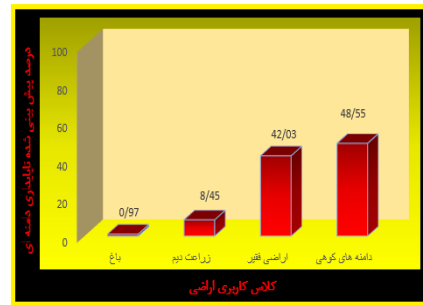
در نهایت پس از سازمان‌دهی بهترین معماری برای شبکه عصبی مصنوعی (MLP)، با ۱ لایه ورودی به تعداد ۱۰ نرون، یک لایه نهان ۱۵ نرونی، تکرار بهینه ۱۲۱۰۸، خطای آموزش ۰/۱۶۸، خطای تست ۰/۱۷۳، نرخ آموزش ۰/۰۱، فاکتور مومنتوم ۰/۵، لایه خروجی تک لایه‌ای (نقشه پهنه‌بندی محدوده) (شکل ۱۵) به دست آمد. و سپس درصد تراکم ناپایداری‌ها در کلاس‌های عوامل مختلف محاسبه شد (شکل‌های ۱۶-۲۵).



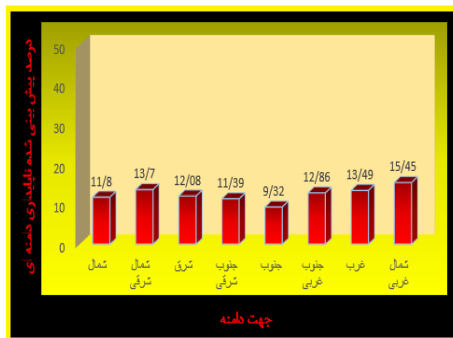
شکل ۱۵: نقشه پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه



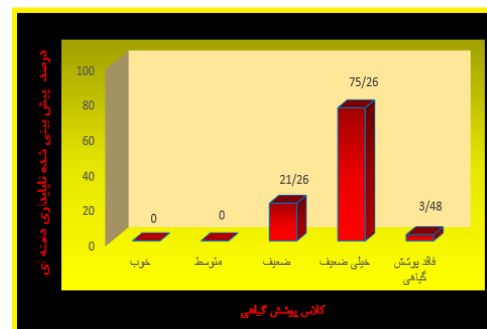
شکل ۱۷: درصد تراکم ناپایداری در کلاس طبقه‌های ارتفاعی



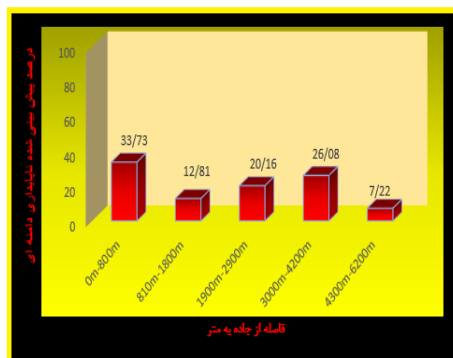
شکل ۱۶: درصد تراکم ناپایداری در کلاس کاربری اراضی



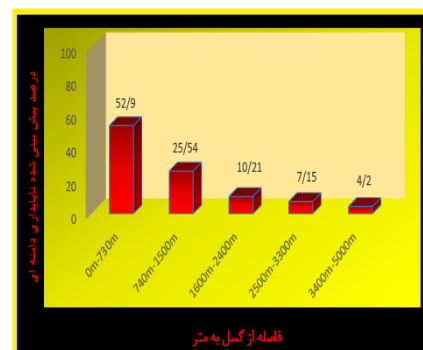
شکل ۱۹: درصد تراکم ناپایداری در کلاس جهت دامنه



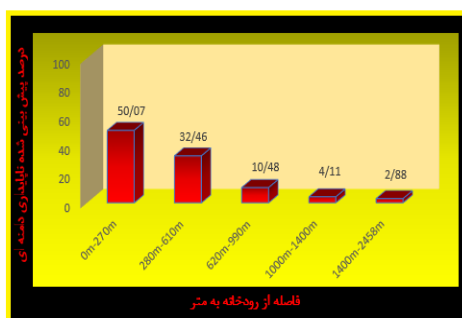
شکل ۱۸: درصد تراکم ناپایداری در کلاس پوشش گیاهی



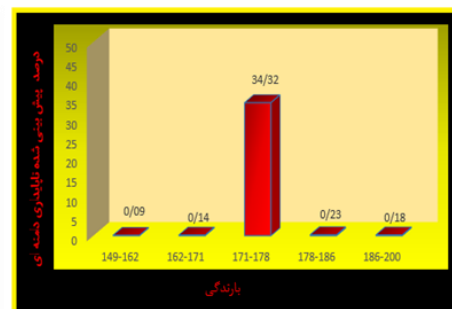
شکل ۲۱: درصد تراکم ناپایداری در کلاس فاصله از جاده



شکل ۲۰: درصد تراکم ناپایداری در کلاس فاصله از گسل



شکل ۲۳: درصد تراکم ناپایداری در کلاس فاصله از رودخانه



شکل ۲۲: درصد تراکم ناپایداری در کلاس بازندگی



شکل ۲۵: درصد تراکم ناپایداری در کلاس لیتولوژی



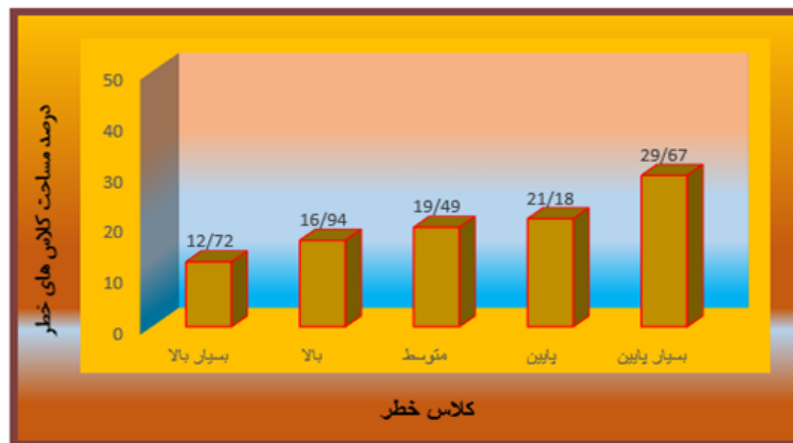
شکل ۲۴: درصد تراکم ناپایداری در کلاس درجه شیب

پس از انجام پهنه‌بندی ناپایداری‌های دامنه‌ای، درصد پهنه‌های ناپایدار در هر کلاس محاسبه شد. نتایج نشان داد که در محدوده مورد مطالعه، مناطقی که با خطر بسیار پایین پهنه‌بندی شده‌اند درصد کمتری از میزان مساحت منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. در مقابل مناطقی که با خطر بسیار بالا پهنه‌بندی شده‌اند اگرچه مساحت کمتری را دارند ولی اغلب دامنه‌هایی را در بر گرفته‌اند که مشرف بر جاده بوده و درجه خطر آفرینی بالاتری را دارا هستند. جدول (۲) نشان‌دهنده مساحت پهنه‌های ناپایدار را به درصد و به کیلومتر مربع است.

جدول ۲: مساحت کلاس‌های خطر به کیلومتر مربع

کلاس	مساحت هر کلاس به کیلومتر مربع	درصد مساحت اشغال شده در هر کلاس
بسیار بالا	۱۵	۷۲/۱۲
بالا	۲۰	۹۴/۱۶
متوسط	۲۳	۴۹/۱۹
پایین	۲۵	۱۸/۲۱
بسیار پایین	۳۵	۶۷/۲۹
مجموع	۱۱۸ کیلومتر مربع	۱۰۰ درصد





شکل ۲۶: نمودار مساحت تحت اشغال کلاس‌های خطر

پس از تعیین میزان تراکم ناپایداری‌های دامنه‌ای محتمل در کلاس‌های مختلف هر یک از فاکتورهای مذکور، ضریب تأثیر گزاری هریک از عوامل مؤثر بر طبق خروجی حاصل از مدل شبکه عصبی مصنوعی و بر اساس برقراری رابطه رگرسیونی (میزان همبستگی هریک از عوامل با احتمال وقوع خطر ناپایداری‌های دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه در بازه‌ای بین ۰ تا ۱)، بر طبق جدول (۳) به دست آمده است، لذا، عامل شیب با میزان همبستگی ۰/۵۹ درصد، فاصله از غسل با ۰/۵۶ درصد، بیشترین میزان تأثیرگذاری در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای را دارا هستند.

جدول ۳: جدول ضریب تأثیرگذاری پارامترهای مؤثر

معیارها	ضرایب
شیب	۰/۵۹۷۵۵۷
جهت شیب	۰/۰۶۸۵۵۸۱
طبقات ارتفاعی	۰/۳۳۸۹۵۵
کاربری اراضی	۰/۰۳۶۶۷۵
لیتولوژی	۰/۲۷۰۴۶۴
فاصله از رودخانه	۰/۰۴۰۷۰۹
فاصله از غسل	۰/۵۶۲۹۴۲
فاصله از جاده	۰/۲۶۳۷۵۱
بارندگی	۰/۰۲
پوشش گیاهی	۰/۱۵

پس از انجام مراحل فوق اقدام به تهیه نمودار درجه تناسب شبکه عصبی پرسپترون چند لایه گردید. نمودار درجه تناسب تحلیلی مبتنی بر سازگاری فضایی مابین میزان ناپایداری‌های پیش‌بینی شده در مدل و ناپایداری‌های دامنه‌ای به وقوع پیوسته در محدود مورد مطالعه است.



شکل ۲۷: نمودار درجه تناسب مدل شبکه عصبی مصنوعی

## بحث و نتیجه‌گیری

آشکار است که بهترین روش برای گزینش بهترین مسیر برای احداث راه‌های ارتباطی اعم از جاده‌های آسفالتی و راه‌آهن، مطالعه دقیق منطقه مورد نظر از دیدگاه استعداد‌های طبیعی به‌ویژه استعداد‌های ژئومورفولوژیکی است زیرا هم از نظر ژئومورفیک کوهستان‌ها دارای نیروی مورفودینامیک بالایی هستند و هم گذر راه‌های ارتباطی از چندین واحد ژئومورفولوژیکی، به دلیل بعد طولی آن‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است. لذا، شناسایی مناطق آسیب‌پذیر از خطر وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در امتداد جاده احداثی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، تا از یک‌سو امکان گزینش مناطق با درجه ثبات بالاتر برای احداث مسیرهای ارتباطی فراهم شود و از سوی دیگر، اقدامات لازم برای پایدارسازی شیب‌های مستعد حرکات دامنه‌ای انجام پذیرد. پژوهش حاضر با به‌کارگیری روش آماری شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (MLP) و باهدف شناسایی عوامل مؤثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در محدوده تعیین‌شده تحت عنوان تنگه دره دیز و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر ناپایداری‌های دامنه‌ای انجام پذیرفت. لازم به ذکر است به دلیل عدم وجود مطالعات مختص به بررسی ناپایداری‌های دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه و شناسایی مهم‌ترین عامل مؤثر در وقوع آن‌ها امکان مقایسه نتیجه حاصل از این پژوهش با نتایج منتج از سایر مطالعات میسر نیست. در نقشه پهنه‌بندی به‌دست‌آمده سطح زمین به نواحی ویژه و مجزایی از درجات بالفعل تا بالقوه (بسیار کم - بسیار زیاد) تقسیم شد. بر طبق نتایج حاصل ۳۵ کیلومتر از

مجموع مساحت منطقه (معادل ۳۹/۶۶ درصد) دارای پتانسیل خطر بسیار بالا و بالا از نظر وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در آن است. نکته قابل تأمل در قرارگیری شیب‌های مشرف به جاده در کلاس خطر بسیار بالا و معرفی آن‌ها به عنوان دامنه‌های خطر آفرین برای جاده ارتباطی است. با بررسی ویژگی‌های لیتولوژیکی شیب‌های مذکور مشخص می‌شود که این شیب‌ها از جمله واحدهای لیتولوژیکی دو سازند نیمه مقاوم الیکا (متشکل از سنگ‌آهک ورمیکوله و شیل آهکی) و شمشک (متشکل از شیل و ماسه) هستند که در امتداد جاده ارتباطی و در دو سوی آن خودنمایی کرده و دارای مساحت ۸۸ کیلومتری (۷۴/۵۷) در محدوده است. با برقراری رابطه رگرسیونی بین فاکتورهای مؤثر در ناپایداری‌های دامنه‌ای به وقوع پیوسته، می‌توان به این نتیجه رسید که، عامل شیب، به دلیل دارا بودن بیشترین ضریب تأثیرگذاری (۵۹ درصد)، مهم‌ترین عامل وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. با توجه به نمودارهای درصد تراکم ناپایداری‌های دامنه‌ای ۳۵/۸ درصد از ناپایداری‌های دامنه‌ای به وقوع پیوسته در دامنه‌هایی با درجه شیب ۴۵ الی ۵۰ درصد به وقوع می‌پیوندد. پس از عامل شیب، دیگر عامل تأثیرگذار در ناپایداری دامنه‌های تنگه دره دیز عامل فاصله از گسل است. این عامل با دارا بودن میزان تأثیرگذاری ۵۶ درصدی دومین عامل ناپایدار کننده دامنه‌ها محسوب می‌شود که صحت تأثیرگذاری آن با توجه به میزان تأثیرپذیری منطقه از فازهای کوهزایی دوران سوم (پیرنه، ساوین و آسترین) و ایجاد گسل‌های فراوان در اغلب سازندهای زمین‌شناسی، نظیر انواع سازندهای آهکی، دولو میتی و شیل به دلیل سفت و سخت شدن و از دست دادن انعطاف‌پذیری آن‌ها دارای صحت و سقم کافی است.

## منابع

- ۱- راکعی، ب؛ خامه چیان، م؛ عبدالملکی، پ؛ و گیاهی، پ (۱۳۸۶): کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد سی و سوم، سال اول، شماره سوم، صص ۵۷-۶۴.
- ۲- سوری، سلمان؛ لشکری پور، غلامرضا؛ و غفوری، محمد (۱۳۹۰): پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی حوضه کشوری نوژیان)، نشریه زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه خوارزمی تهران، سال پنجم، جلد پنجم، شماره دوم، صص ۱۲۶۹-۱۲۸۶.
- ۳- فاطمی عقدا، سید محمود؛ ساریخانی، رامین؛ و تشنه لب، محمد. (۱۳۸۲): پهنه‌بندی خطر زمین رانش در منطقه طالش با استفاده از سیستم‌های هوشمند شبکه‌های عصبی مصنوعی (پرسپترون)، نشریه زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه خوارزمی تهران، سال اول، جلد اول، شماره دوم، صص ۱۷۹-۱۹۲.
- ۴- مرادی، مهدی (۱۳۹۱): پهنه‌بندی وقوع بهمن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: دکتر محمد رضا نیک جو، دانشگاه تبریز، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی. شهریور.
- ۵- شریعت جعفری، محسن، (۱۳۷۵): زمین‌لغزش (مبانی و اصول پایداری شیب‌های طبیعی)، تهران، انتشارات سازه.
- ۶- رجایی، عبدالحمید، (۱۳۸۲): کاربرد ژئومرفولوژی در مدیریت محیط، نشر قومس.



- ۷- زارع پور، سهیلا، (۱۳۸۴): پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه رودبار منجیل با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰، دانشکده علوم دانشگاه تربیت‌معلم تهران.
- ۸- ساریخانی، رامین (۱۳۸۸): پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. مطالعه موردی تالش استان گیلان، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت‌معلم تهران.
- ۹- صیادی، امید (۱۳۸۷): جزوه‌آشنایی مقدماتی با شبکه‌های عصبی مصنوعی، دانشگاه صنعتی شریف، اسفند.
- ۱۰- رحیمی، حسین (۱۳۹۰) مدل‌سازی زمانی-مکانی تغییرات پوشش زمین با تلفیق تحلیل زنجیره مارکوف، شبکه‌های عصبی مصنوعی، سلول‌های خودکار، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، بهمن دانشگاه تبریز.
- ۱۱- عابدینی، موسی (۱۳۸۵): بررسی نقش عوامل مؤثر در پیدایش و تکوین جریان‌های واریزه‌ای ارتفاعات شمال غرب آذربایجان (جنوب غرب هادی شهر و دره دیز)، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۴، صص: ۲۱۲-۱۹۳.

- 12- Caniani D., Pascale S., Sdao F., Sole A., (2008) "Neutral Network and Landslide Susceptibility: a Case study of The Urban Area of Potenza" *Natural Hazard*, 45, pp.55-72.
- 13- Lee S., Ryu J.H., Lee M.J., Won J. s (2006): The Application of Artificial Neural Network to Land Slide Susceptibility Mapping at Janghong", Korea, *Mathematical Geology*, 38 (2) Pp. 199-220.
- 14- Pradhan B., Lee S. (2010): "Delineation of Landslide Hazard Area on Penang Island, Malaysia, By Using Frequency Ratio, Logistic Regression, and Artificial Neural Network Model" *Environmental Earth Sciences* 60(5) Pp. 1037-1054.
- 15- Yilmaz I. (2009): "Landslide Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio Logistic Regression, Artificial Neural Network and Their Comparison: A Case Study From kat landslide (Tokat- Turkey)" *Computers and Geosciences*, 35. Pp. 1125-11.

