



## پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: حوزه

سپیددشت، لرستان)

سیامک بهاروند<sup>۱\*</sup>، سلمان سوری<sup>۲</sup>

۱. استادیار گروه زمین‌شناسی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران  
 ۲. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

مشخصات مقاله	چکیده
<p>پیشینه مقاله:                      دریافت: ۱۳ دی ۱۳۹۳                      پذیرش: ۲۱ مرداد ۱۳۹۴                      دسترسی اینترنتی: ۲۶ دی ۱۳۹۴</p> <p>واژه‌های کلیدی:                      زمین‌لغزش                      شبکه عصبی مصنوعی                      سیستم اطلاعات جغرافیایی                      سپیددشت                      لرستان</p>	<p>این تحقیق با هدف پهنه‌بندی خطر نسبی ناپایداری دامنه‌ای و وقوع زمین لغزش در حوزه سپیددشت با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی با ساختار پرسپترون چندلایه و الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا صورت گرفته است. به منظور بررسی پایداری دامنه‌ها در این حوزه ابتدا لغزش‌های حوزه با استفاده از تصاویر ماهواره ای TM<sup>+</sup> و ETM<sup>+</sup> عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه و بازبینی میدانی (سال ۱۳۹۳) شناسایی و ثبت گردیدند. با قطع نقشه‌های عوامل مؤثر بر لغزش با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها، تأثیر هر یک از عوامل شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، ارتفاع، لیتولوژی، بارندگی، فاصله از گسل، جاده و آبراهه به ناپایداری شیب‌ها در محیط نرم افزار ArcGIS<sup>®</sup> 10.1 برآورد گردید. در محیط متلب ساختار مناسب (۱-۱۳-۹) برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی با ساختار پرسپترون چندلایه و الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا نوشته شد. بر اساس نتایج پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از این مدل به ترتیب ۰/۱۸، ۱۲/۴۱، ۱۴/۰۹، ۲۹/۸۵ و ۴۳/۵۲٪ از مساحت منطقه در کلاس‌های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار دارند.</p>

\*پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: [sa.so260@gmail.com](mailto:sa.so260@gmail.com)

## مقدمه

یکی از پدیده‌های مهم طبیعی که از دیرباز با آن مواجه بوده‌ایم ناپایداری‌های دامنه‌ای است. استفاده بیش از حد از منابع طبیعی باعث تشدید این پدیده شده است. بررسی پدیده ناپایداری دامنه‌ای به کمک تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، از یک سو به منظور شناسایی مناطق دارای قابلیت لغزش در محدوده فعالیت‌های بشری و از سوی دیگر برای شناسایی مکان‌های امن برای توسعه زیستگاه‌های جدید و یا سایر کاربری‌های آتی انسان نظیر جاده‌ها، مسیرهای انتقال نیرو و انرژی حائز اهمیت بوده و در مقیاس‌های مختلف مورد توجه برنامه‌ریزان قرار دارد (۶). برای تهیه نقشه خطر زمین لغزش روش‌های متعددی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، این روش‌ها به طور کلی به دو دسته روش‌های کیفی (۱۴، ۲۵ و ۲۶) و کمی (۱۲، ۱۶، ۲۱، ۲۷ و ۲۸) طبقه‌بندی می‌شوند.

شبکه عصبی مصنوعی یک مکانیسم محاسباتی است که قادر است با گرفتن اطلاعات و محاسبه کردن آن‌ها، یک سری اطلاعات جدید را ارائه دهد (۲۰). نظر به اینکه ساختار مغز انسان توانایی بسیار بالایی در پردازش اطلاعات پیچیده، غیر خطی و موازی را دارد، بنابراین در شبکه عصبی مصنوعی سعی بر این است که ساختاری مشابه ساختار بیولوژیکی مغز انسان و شبکه اعصاب بدن ساخته شود (۲۴) تا همانند مغز قدرت یادگیری، تعمیم‌دهی و تصمیم‌گیری داشته باشد و یک پهنه‌بندی از یک فضای چند متغیره با اطلاعات دریافتی را به وجود آورد (۲۰). این شبکه‌ها قادرند با انتخاب مناسب تعداد لایه‌ها و نرون‌ها یک نگاشت غیر خطی را با دقت دلخواه انجام دهند و این همان چیزی است که در بسیاری از مسائل مهندسی به عنوان راه حل اصلی مطرح می‌شود. توپولوژی این شبکه‌ها با قانون پس انتشار خطا روندی است که توسط آن ماتریس وزن‌ها و بردارهای بایاس شبکه تنظیم می‌شوند. الگوریتم پس انتشار خطا از دو مسیر تشکیل یافته است، مسیری اول مسیر رفت می‌باشد که در این مسیر بردار ورودی به شبکه اعمال می‌شود و تأثیراتش از طریق لایه پنهان به لایه خروجی انتشار می‌یابد و بردار خروجی تشکیل یافته در لایه

خروجی پاسخ واقعی شبکه MLP را تشکیل می‌دهد. در این مسیر پارامترهای شبکه که شامل ماتریس‌های وزن‌ها و بردار بایاس می‌باشند ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته می‌شوند. مسیر دوم، مسیر برگشت می‌باشد که در این مسیر عکس مسیر رفت پارامترهای شبکه تغییر یافته و تنظیم می‌شوند (۱۱ و ۱۸). در زمینه مطالعات پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی تا کنون مطالعات زیادی در ایران و سایر نقاط جهان صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد. سوری و همکاران (۵) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه نوژیان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده حدود ۶۲٪ از مساحت منطقه در کلاس‌های خطر بالا و خیلی بالا قرار گرفت و دقت شبکه ۹۳/۹٪ برآورد گردید. عرب عامری و همکاران (۹) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از شبکه عصبی در حوزه ماربر واقع در جنوب استان اصفهان پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده دقت شبکه در مرحله آزمایش ۹۸٪ برآورد گردید. ملچپور و همکاران (۲۲) با استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و آنالیز گسیختگی به منظور شناسایی مناطق ناپایدار به تجزیه و تحلیل حساسیت لغزش در کوه‌های آلپ جنوبی واقع در ایتالیا پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی روش کارآمدتری برای پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در منطقه می‌باشد. ایلماز (۲۸) با استفاده از سه روش شبکه عصبی مصنوعی، نسبت فراوانی و رگرسیون لجستیک به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه کت (توکت- ترکیه) پرداخت. نتایج نشان داد، نقشه‌ای که با روش شبکه عصبی مصنوعی تهیه شده است بیشترین همبستگی را با زمین‌لغزش‌های رخ داده در منطقه دارد؛ کونفورتی و همکاران (۱۵) به تهیه نقشه حساسیت خطر لغزش در حوزه آبریز رودخانه توربولو (شمال کالابریا ایتالیا) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده حدود ۴۸٪ از مساحت منطقه در کلاس‌های خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفتند. همچنین نتایج به دست آمده از اعتبارسنجی شبکه نشان از دقت بالای مدل استفاده شده در

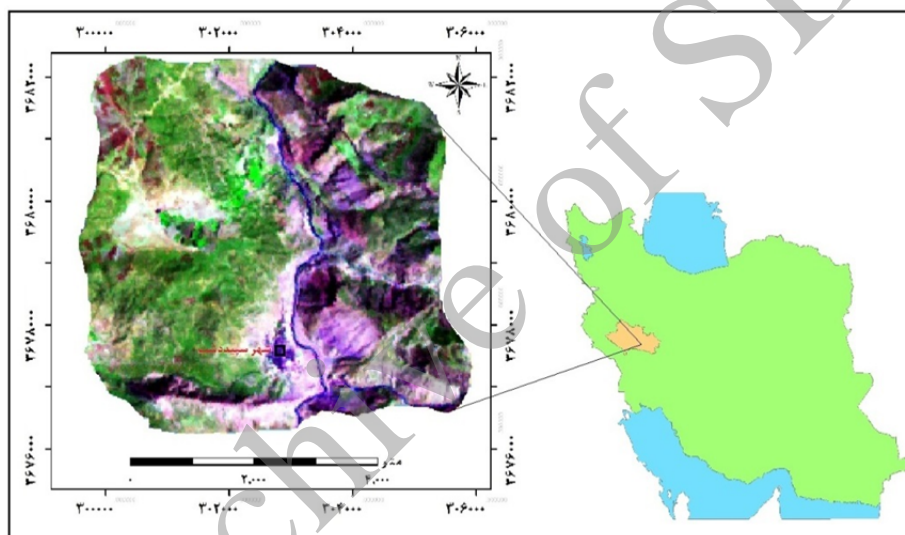
کمر بند زلزله‌خیز آلپ- هیمالیا، عبور گسل بزرگ زاگرس، تناوب لایه‌های سخت آهکی و لایه‌های سست مارنی شیلی در یال تافدیس‌های بزرگ در سرتاسر این استان شرایط ناپایداری بخش‌های بزرگی از دامنه‌های طبیعی را ایجاد کرده است (۴ و ۱۰). حوزه سپیددشت با مساحت ۳۲/۱ کیلومتر مربع در جنوب شرقی شهر خرم‌آباد در استان لرستان قرار دارد. بلندترین نقطه ارتفاعی آن ۱۹۴۸ متر و پست‌ترین نقطه ۹۴۸ متر از سطح آزاد دریا قرار دارد. متوسط بارندگی در سطح این حوزه حدود ۶۳۶ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۱).

پهنه‌بندی خطر لغزش‌های منطقه را داشت. در این تحقیق از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه با الگوریتم پس انتشار خطا به عنوان یکی از روش‌های کمی در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش‌های حوزه سپیددشت استفاده شده است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

استان لرستان به دلیل خصوصیات متنوع زمین‌شناسی نظیر لیتولوژی، تکتونیک، لرزه‌خیزی و شرایط خاص آب و هوایی، از جمله مناطق دارای پتانسیل لغزش است. قرار گرفتن بر روی



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوزه سپیددشت

شامل لایه‌های شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، زمین‌شناسی (لیتولوژی)، کاربری اراضی، بارش، فاصله از گسل، جاده و آبراهه مورد بررسی قرار گرفته است (۱ و ۶). شیب از مدل رقومی ارتفاعی از خطوط تراز نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ در محیط نرم‌افزار ArcGIS® 10.1 تهیه گردید. در نهایت نقشه شیب در شش کلاس ۰-۵، ۵-۱۵، ۱۵-۲۵، ۲۵-۳۵، ۳۵-۴۵، ۴۵-۵۰ و بیشتر از ۴۵ طبقه‌بندی گردید (۷). لیتولوژی طبق بررسی‌های انجام گرفته حوزه سپیددشت از لیتولوژی متنوعی برخوردار بوده و این عامل تأثیر بسزایی در لغزش‌های منطقه دارد. نقشه لیتولوژی منطقه (واحدهای

### داده‌های مورد استفاده

تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM<sup>+</sup>، عکس‌های هوایی و نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه شیب‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ و لغزش‌های اتفاق افتاده و مناطق مشکوک به لغزش در منطقه با بازدید صحرائی (سال ۱۳۹۳) شناسایی و تعیین موقعیت گردید.

### عوامل مؤثر در ایجاد لغزش

در این تحقیق ۹ عامل مؤثر بر لغزش‌های حوزه سپیددشت

پوشش گیاهی و پایین‌ترین آن (۱-) نشان‌دهنده عوارضی مانند آب و برف بوده و برای خاک لخت مقادیر نزدیک به صفر محاسبه می‌گردد.

**طبقات ارتفاعی** نقشه طبقات ارتفاعی از طبقه‌بندی نقشه DEM منطقه تهیه شد. به منظور بیان ارتباط بین عامل ارتفاع و زمین‌لغزش‌های رخ داده در منطقه، نقشه طبقات ارتفاعی در پنج کلاس (۱۱۴۷-۹۴۷، ۱۳۴۸-۱۱۴۷، ۱۵۴۸-۱۳۴۸، ۱۷۴۸-۱۵۴۸ و ۱۹۴۹-۱۷۴۸ متر) تهیه گردیده است (۸).

**فاصله از گسل** در این تحقیق با اعمال فیلترهای خطی در جهات مختلف بر روی باند ۷ سنجنده  $ETM^+$  و ساختن HillShade از مدل رقومی ارتفاع، خطواره‌های منطقه شناسایی شدند. با مقایسه خطواره‌ها با ترکیبات باندی ساخته شده و نقشه زمین‌شناسی منطقه گسل‌های حوزه جدا و نقشه آن‌ها تهیه گردید. سپس نقشه تهیه شده به پنج طبقه (۰-۱۰۰، ۱۰۰-۲۰۰، ۲۰۰-۳۰۰، ۳۰۰-۴۰۰ و بیشتر از ۴۰۰ متر) طبقه‌بندی شد (۲).

**هم‌باران** با استفاده از آمار بارندگی سالانه ایستگاه سپیددشت و ۹ ایستگاه مجاور طی یک دوره ۲۰ سال اخیر، نقشه هم‌باران حوزه با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ تهیه شد. به منظور بررسی تأثیر بارندگی بر لغزش‌های منطقه نقشه مذکور به چهار طبقه (کمتر از ۵۷۱، ۵۷۱-۶۳۶، ۶۳۶-۷۰۰ و ۷۰۰-۶۳۶ بیشتر از ۷۰۰ میلی‌متر) تقسیم‌بندی گردید (۲۳).

**فاصله از آبراهه** جهت تهیه نقشه این لایه، از نقشه شیت‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ (در محیط نرم‌افزار ArcGIS<sup>®</sup> 10.1) نقشه شبکه آبراهه استخراج گردید. سپس نقشه مورد نظر به پنج کلاس (۰-۱۰۰، ۱۰۰-۲۰۰، ۲۰۰-۳۰۰، ۳۰۰-۴۰۰ و بیشتر از ۴۰۰ متر) تقسیم و به منظور بیان ارتباط بین خطر زمین‌لغزش و حریم فاصله از آبراهه‌ها به کار گرفته شد (۴).

**فاصله از جاده** به منظور تهیه نقشه این لایه، شبکه جاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و تصاویر سنجنده  $ETM^+$  استخراج و در محیط نرم‌افزار ArcGIS<sup>®</sup> 10.1 رقومی گردید. سپس نقشه این لایه در پنج کلاس (۰-۱۰۰، ۱۰۰-۲۰۰، ۲۰۰-۳۰۰، ۳۰۰-۴۰۰ و بیش از ۴۰۰ متر) طبقه‌بندی گردید (۴).

رسوبات کواترنری (Q)، مارن و کنگلومرای سازند بختیاری ( $PI_b^m$ )، مارن، ماسه‌سنگ و آهک (M)، آهک توده‌ای سازند آسماری ( $Eo_{as}$ )، کنگلومرا، ماسه‌سنگ و مارن سازند کشگان (Ek)، شیل، ماسه‌سنگ و کنگلومرای سازند امیران ( $KE_a$ ) و آهک مارنی ( $K_2$ ) با استفاده از ترکیب باندی ۵۳۱ سنجنده  $ETM^+$  نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ خرم‌آباد و مطالعات میدانی تهیه شد.

**جهت شیب** به منظور ارتباط بین جهت شیب و لغزش‌های رخ داده، نقشه جهت شیب در ده کلاس مسطح، شمال ( $0-22/5^\circ$  و  $360-337/5^\circ$ )، شمال‌شرقی ( $22/5-67/5^\circ$ )، شرق ( $67/5-112/5^\circ$ )، جنوب‌شرقی ( $112/5-157/5^\circ$ )، جنوب ( $157/5-202/5^\circ$ )، جنوب‌غربی ( $202/5-247/5^\circ$ )، غرب ( $247/5-292/5^\circ$ ) و شمال‌غربی ( $292/5-337/5^\circ$ ) طبقه‌بندی گردید (۶).

**کاربری اراضی** شاخص‌های پوشش گیاهی به طور گسترده به عنوان معیارهایی برای تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش اراضی از جمله پوشش گیاهی و فاکتورهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق از شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده (Normalized difference vegetation index) NDVI از دو باند قرمز و فروسرخ نزدیک از رابطه ۱ برای استخراج پوشش گیاهی استفاده شد، تا بدینوسیله پوشش‌های گیاهی به راحتی از سایر پوشش‌ها جدا شده و با اعمال تغییرات در طبقات آن بتوان اراضی کشاورزی و مرتعی را از هم جدا نمود. با عملیات میدانی سایر کاربری‌ها شناسایی و نقشه کاربری اراضی منطقه تکمیل شده است. نقشه کاربری اراضی حوزه، واحدهای اراضی باغی، اراضی جنگلی با پوشش خیلی کم و انبوه، اراضی مرتعی با پوشش متوسط، اراضی زراعی آبی، اراضی دیم و اراضی مسکونی را در بر می‌گیرد.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad [1]$$

در این رابطه؛ مقادیر NIR و R به ترتیب مقادیر پیکسل در باندهای مادون قرمز نزدیک و باند قرمز می‌باشند. بالاترین مقدار این شاخص (+۱) نشان‌دهنده بیشترین میزان تراکم

## روش تحقیق

بتواند به ازای هر ورودی، خروجی متناظر را ارائه نماید (۱۷). نرون‌ها می‌توانند از توابع متحرک متفاوتی جهت تولید خروجی استفاده کنند که در این تحقیق با توجه به محدوده مد نظر ۰ تا ۱ از تابع غیرخطی سیگموئید (رابطه ۳) به دلیل مشتق‌پذیر بودن و سادگی استفاده شد.

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad [3]$$

### ارزیابی عملکرد شبکه

در شبکه عصبی مصنوعی کار پردازش اطلاعات در لایه میانی انجام می‌گیرد که تعداد بهینه این لایه برای حداقل شدن خطا از طریق آزمایش و تکرار تعیین می‌شود. به منظور ارزیابی و مقایسه نتایج حاصل از تعداد نرون‌های مختلف در لایه میانی از رابطه‌های ۴، ۵ و ۶ استفاده گردید.

$$RMSe = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{obs} - \text{pre})^2}{n}} \quad [4]$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{obs} - \text{obs}) (\text{pre} - \text{pre})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\text{obs} - \text{obs})^2 \sum_{i=1}^n (\text{pre} - \text{pre})^2}} \quad [5]$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |\text{obs} - \text{pre}|}{N} \quad [6]$$

در این رابطه‌ها؛ RMSe جذر میانگین مربعات خطا، obs مقادیر مشاهده‌ای، و pre مقادیر پیش‌بینی شده و N تعداد کل داده‌ها در هر مرحله از آزمون‌های آموزش و آزمایش، R ضریب همبستگی، MAE متوسط قدر مطلق خطا است. هر چه مقدار RMSe و MAE به صفر و مقدار R به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده نزدیک‌تر بودن مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده به یکدیگر و دقیق‌تر بودن جواب‌ها در هر مرحله است.

### نتایج

در این تحقیق به منظور بررسی عوامل مؤثر بر لغزش و تعیین نسبت فراوانی، ابتدا نقشه نقاط لغزشی منطقه تهیه شده است. پس از تهیه نقشه نقاط لغزشی با تلفیق آن با نقشه هر یک از عوامل مؤثر بر لغزش مقدار نسبت فراوانی تعیین گردید.

به منظور استفاده از عوامل مؤثر بر لغزش در پهنه‌بندی خطر منطقه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در ابتدا باید خصوصیات هر نقشه تعیین شود. بر این اساس ابتدا نقشه هر یک از عوامل به پیکسل‌هایی با ابعاد ۵۰×۵۰ متر تقسیم و سپس برای بررسی تأثیر هر یک از کلاس‌های عوامل تأثیرگذار بر وقوع زمین‌لغزش در منطقه از نسبت فراوانی استفاده و بر اساس نسبت‌های به دست آمده کلاس‌های عوامل کدبندی گردید. برای تعیین نسبت فراوانی هر یک از طبقات عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش، ابتدا در محیط ArcGIS® 10.1 درصد پیکسل‌های لغزشی و فاقد لغزش منطقه مورد مطالعه تعیین و سپس نسبت فراوانی برای هر یک از طبقه‌های عوامل از تقسیم نسبت درصد پیکسل‌های لغزشی به درصد پیکسل‌های غیر لغزشی محاسبه گردید. در این رابطه هر چه مقدار نسبت فراوانی بیشتر باشد حساسیت نسبت به لغزش بیشتر است.

### شبکه عصبی مصنوعی

به منظور پهنه‌بندی خطر لغزش‌های منطقه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ابتدا در محیط نرم‌افزار متلب (MATLAB) نوشته شد. در این برنامه برای تسهیل در همگرایی شبکه، مقادیر مربوط به نرون‌های ورودی با استفاده از رابطه ۲ نرمالیزه شدند، زیرا وارد کردن داده‌ها به صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه می‌شود.

$$X_i = \frac{Z_i - Z_i(\min)}{Z_i(\max) - Z_i(\min)} \quad [2]$$

در این رابطه،  $Z_i$  وزن پیکسل مورد نظر،  $Z_i(\min)$  کمترین وزن فاکتور مورد نظر،  $Z_i(\max)$  بیشترین وزن فاکتور مورد نظر و  $X_i$  وزن نرمال شده فاکتور مورد نظر است. برای آموزش، آزمایش و اعتبارسنجی شبکه استفاده شده به ترتیب از ۷۰، ۱۵ و ۱۵٪ از پیکسل‌های لغزشی و غیرلغزشی (نقاط غیرلغزشی در داخل شیب‌های کمتر از ۵ درجه در نظر گرفته شده‌اند) منطقه استفاده گردید. الگوی آموزشی باید تا حد امکان کل فضای داده‌ها را پوشش داده و قابلیت تعمیم شبکه را افزایش دهد تا

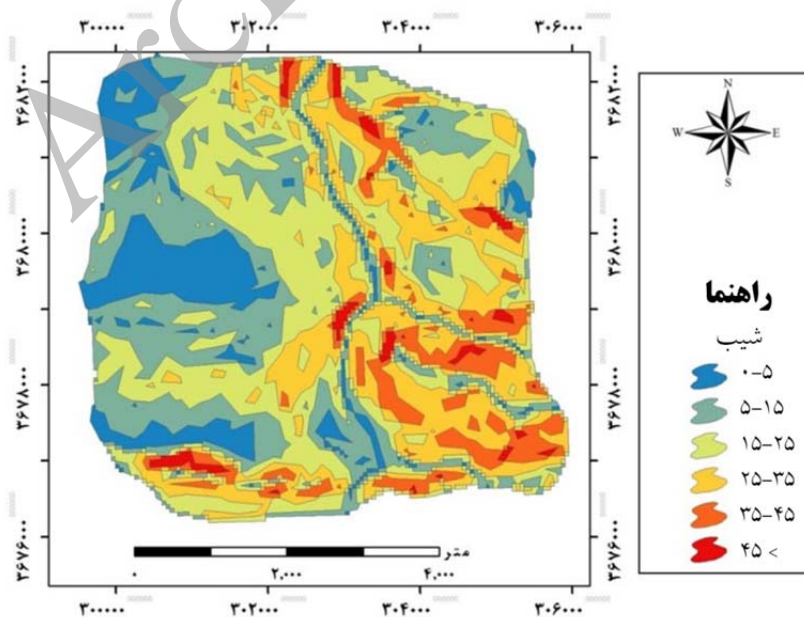
نتایج به دست آمده از تلفیق نقاط لغزشی با نقشه عوامل مؤثر در لغزش به تفکیک لایه‌های مؤثر در جدول ۱ و نقشه این لایه (شیب، لیتولوژی، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، جهت شیب، کاربری اراضی، طبقات ارتفاعی، طبقات بارش، فاصله از گسل) در شکل‌های ۲ تا ۱۰ آورده شده است.

جدول ۱. نتایج به دست آمده از تلفیق نقاط لغزشی با نقشه عوامل مؤثر در لغزش

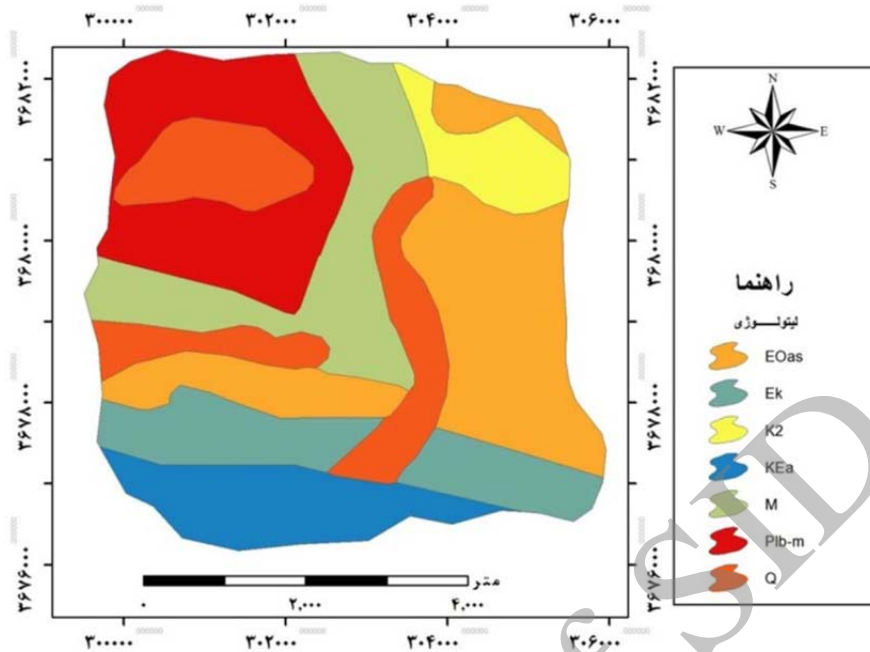
کد	نسبت فراوانی	درصد مساحت غیرلغزشی	درصد مساحت لغزشی	کلاس	لایه
۱	۰/۰۸۸	۱۲/۳۲	۱/۰۹	۰-۵	شیب
۲	۰/۱۶	۲۶/۴۳	۴/۲۸	۵-۱۵	
۳	۰/۵۵	۳۰/۵۷	۱۶/۹۲	۱۵-۲۵	
۴	۱/۹۷	۲۰/۷۶	۴۱/۰۷	۲۵-۳۵	
۵	۳/۰۱	۸/۲۶	۲۴/۹۱	۳۵-۴۵	
۶	۷/۱۳	۱/۶۴	۱۱/۷۱	>۴۵	
۵	۰/۹۵	۲۴/۱۴	۲۲/۹۷	EO <sub>as</sub>	زمین‌شناسی
۲	۰/۰۰۰۵	۱۱/۹۰	۰/۰۶۶	Ek	
۷	۳/۳۵	۹/۶۷	۳۲/۵۱	KEa	
۱	۰	۵/۳۹	۰	K <sub>2</sub>	
۶	۱/۶۵	۱۵/۴۹	۲۵/۶۳	M	
۳	۰/۴۴	۱۷/۴۹	۷/۸۴	Pl <sub>b</sub> <sup>m</sup>	
۴	۰/۶۹	۱۵/۸۸	۱۱/۰۲	Q	
۵	۱/۴۲	۱۴/۸۱	۲۱/۱۲	۰-۱۰۰	جاده
۲	۰/۶۸	۱۱/۶۸	۸/۰۱	۱۰۰-۲۰۰	
۱	۰/۴۲	۱۰/۳۷	۴/۴۳	۲۰۰-۳۰۰	
۳	۰/۹۲	۹/۶۱	۸/۸۸	۳۰۰-۴۰۰	
۴	۱/۰۷	۵۳/۵۱	۵۷/۵۴	۴۰۰<	
۱	۰/۶۸	۱۳/۴۲	۹/۲۰	۰-۱۰۰	آبراهه
۵	۱/۹۸	۱۱/۳۳	۲۲/۵۳	۱۰۰-۲۰۰	
۴	۰/۹۵	۱۱/۱۹	۱۰/۶۹	۲۰۰-۳۰۰	
۲	۰/۷۵	۱۰/۸۶	۸/۲۲	۳۰۰-۴۰۰	
۳	۰/۹۲	۵۳/۱۷	۴۹/۳۴	۴۰۰<	
۱	۰	۰/۰۰۷	۰	مسطح	جهت شیب
۷	۱/۱۴	۵/۸۱	۶/۶۶	۰-۲۲/۵	
۳	۰/۵۰	۱۲/۱۹	۶/۱۸	۲۲/۵-۶۷/۵	
۸	۱/۱۵	۱۲/۳۳	۱۴/۲۲	۶۷/۵-۱۱۲/۵	
۵	۰/۹۵	۱۳/۹۲	۱۳/۲۶	۱۱۲/۵-۱۵۷/۵	
۱۰	۱/۳۱	۱۷/۱۰	۲۲/۴۲	۱۵۷/۵-۲۰۲/۵	
۹	۱/۱۷	۱۹/۰۲	۲۲/۲۷	۲۰۲/۵-۲۴۷/۵	
۴	۰/۸۹	۹/۸۱	۸/۷۳	۲۴۷/۵-۲۹۲/۵	
۶	۰/۹۶	۵/۳۰	۵/۱۳	۲۹۲/۵-۳۳۷/۵	
۲	۰/۲۴	۴/۴۸	۱/۰۸	۳۳۷/۵-۳۶۰	

ادامه جدول ۱. نتایج به دست آمده از تلفیق نقاط لغزشی با نقشه عوامل مؤثر در لغزش

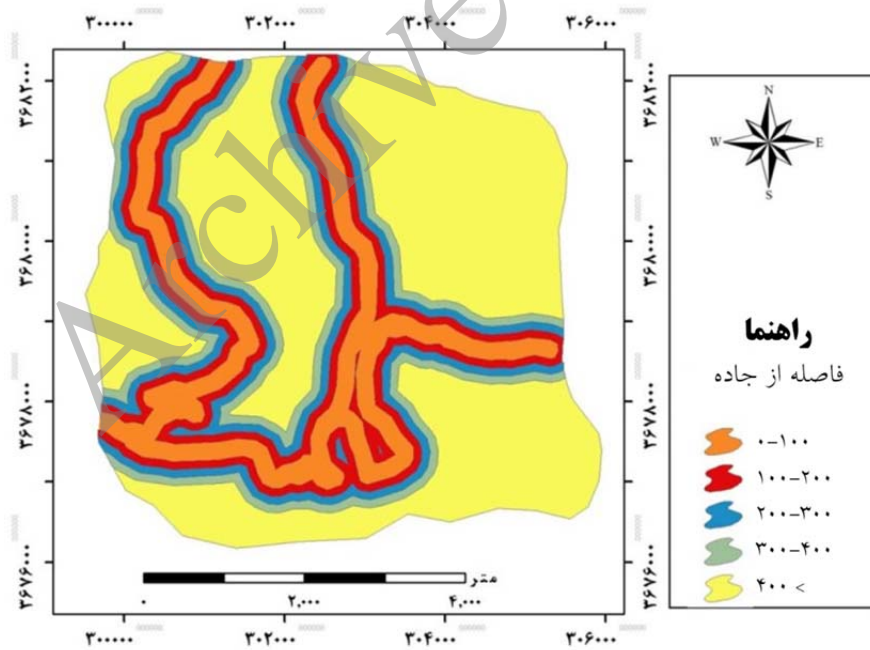
کاربری اراضی	باغ	۰	۰/۴۷	۰	۱
	جنگل با تراکم کم	۲۳/۷۲	۱۵/۰۷	۱/۵۷	۴
	جنگل با تراکم انبوه	۰	۱/۲۵	۰	۱
	اراضی آبی	۰/۳۴	۹/۲۸	۰/۰۳۷	۲
	اراضی دیم	۰	۰/۱۲۶	۰	۱
	اراضی مسکونی	۰	۰/۸۷	۰	۱
	مرتع	۷۵/۹۲	۷۲/۹۱	۱/۰۴	۳
	ارتفاع	۹۴۸-۱۱۴۸	۲۶/۶۲	۱۷/۳۵	۱/۵۳
۱۱۴۸-۱۳۴۸		۳۵/۲۵	۲۹/۱۷	۱/۲۰	۴
۱۳۴۸-۱۵۴۸		۲۴/۳۲	۳۵/۵۶	۰/۶۸	۲
۱۵۴۸-۱۷۴۸		۱۱/۹۶	۱۵	۰/۷۹	۳
۱۷۴۸-۱۹۴۸		۱/۸۳	۲/۹۰	۰/۶۳	۱
<۵۷۱		۴۰/۶۴	۲۲/۶۸	۱/۷۹	۴
بارندگی	۵۷۱-۶۳۶	۳۱/۵۸	۷/۸۱	۰/۸۳	۳
	۶۳۶-۷۰۰	۲۵/۸۶	۳۵/۶۱	۰/۷۲	۲
	>۷۰۰	۱/۹۰	۳/۸۹	۰/۴۸	۱
گسل	۰-۱۰۰	۰	۲/۵۰	۰	۱
	۱۰۰-۲۰۰	۰/۷۲	۲/۳۸	۰/۳۰	۲
	۲۰۰-۳۰۰	۵/۱۸	۲/۴۳	۲/۱۳	۵
	۳۰۰-۴۰۰	۴/۶۰	۲/۶۹	۱/۷۱	۴
	۴۰۰<	۸۹/۴۸	۸۹/۹۹	۰/۹۹	۳



شکل ۲. نقشه شیب

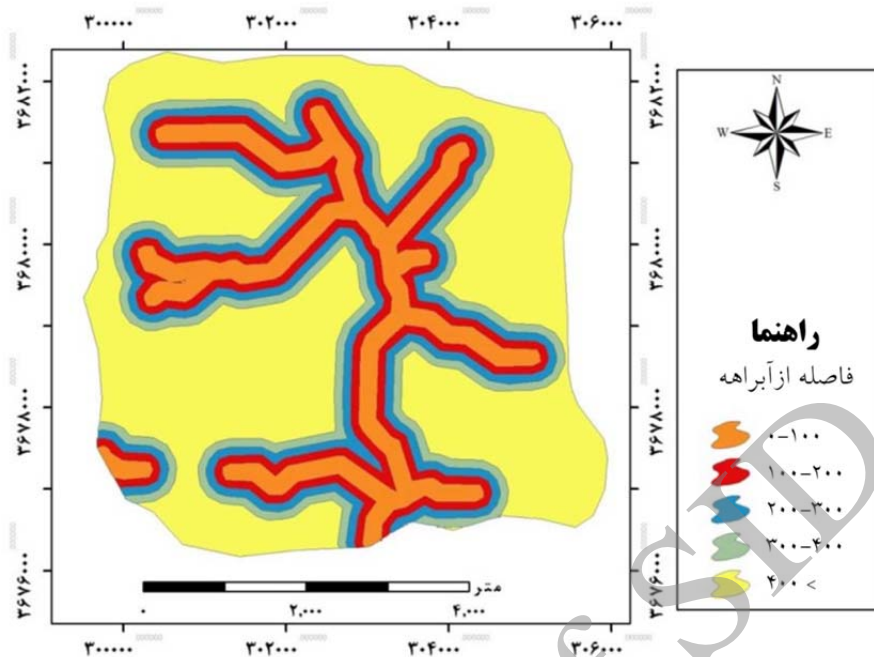


شکل ۳. نقشه لیتولوژی

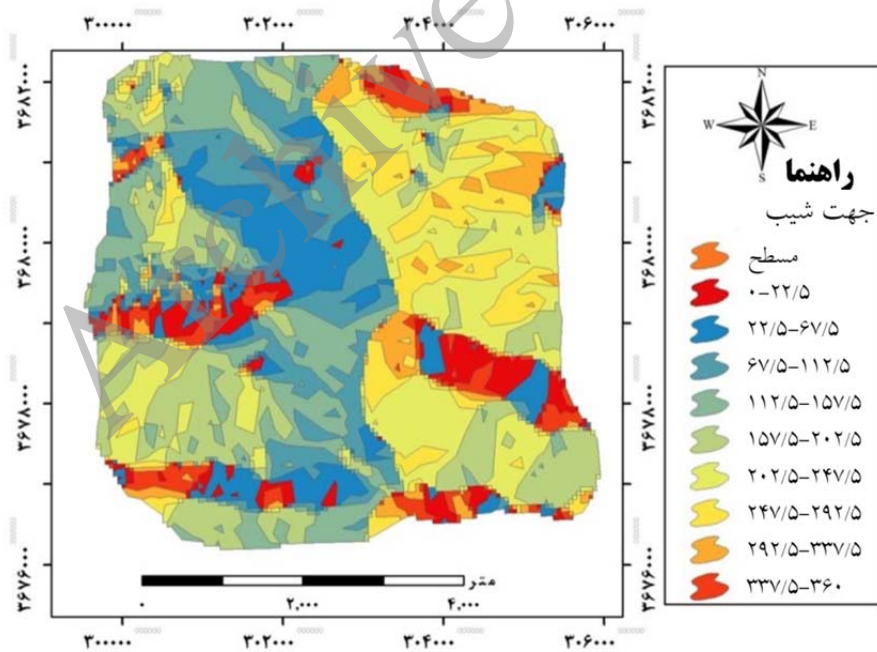


شکل ۴. نقشه فاصله از جاده

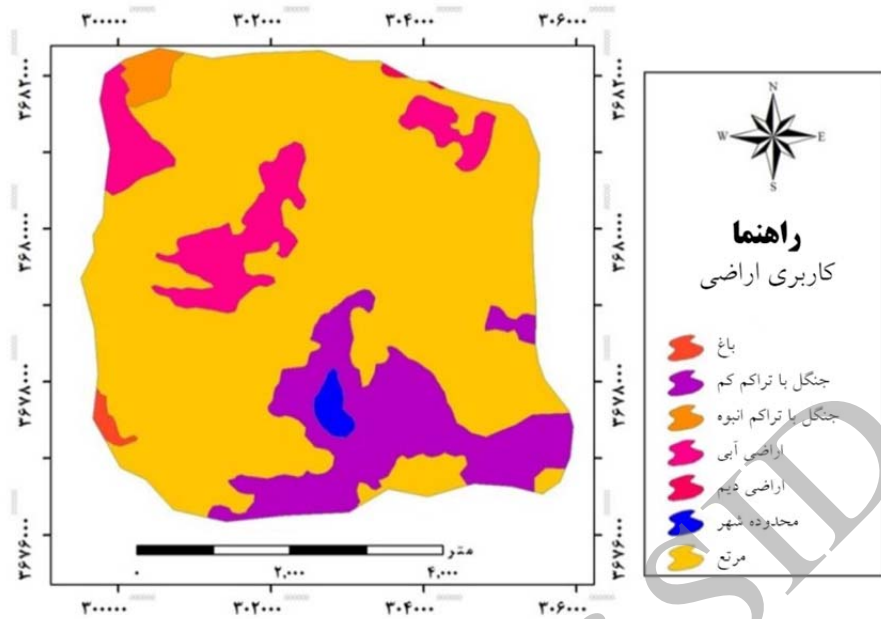




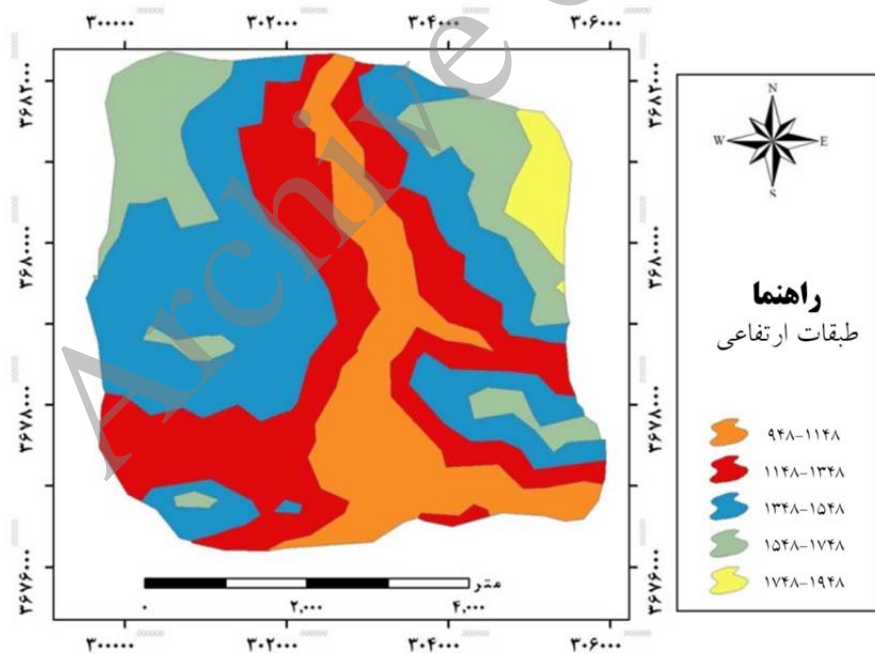
شکل ۵. نقشه فاصله از آبراهه



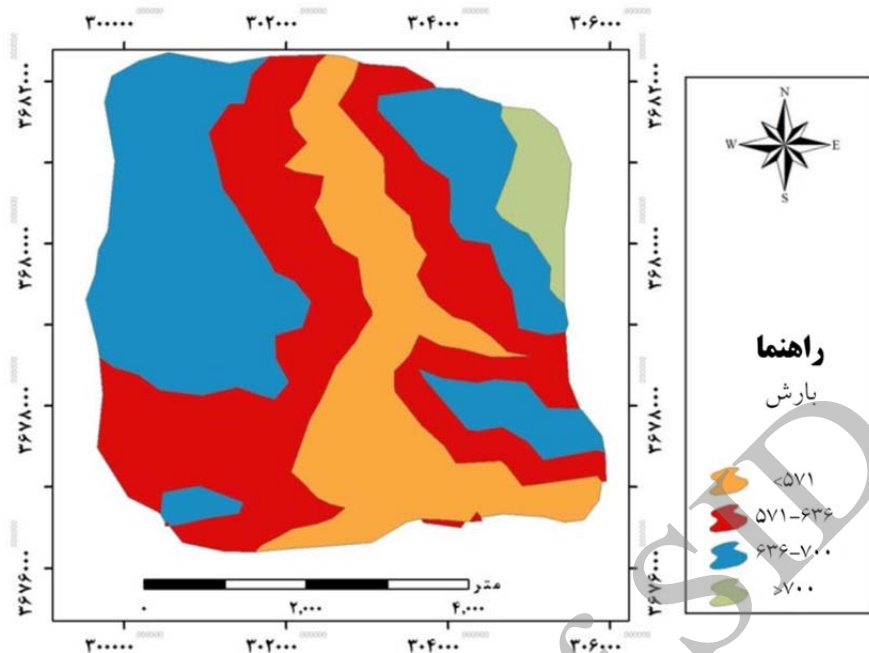
شکل ۶. نقشه جهت شیب



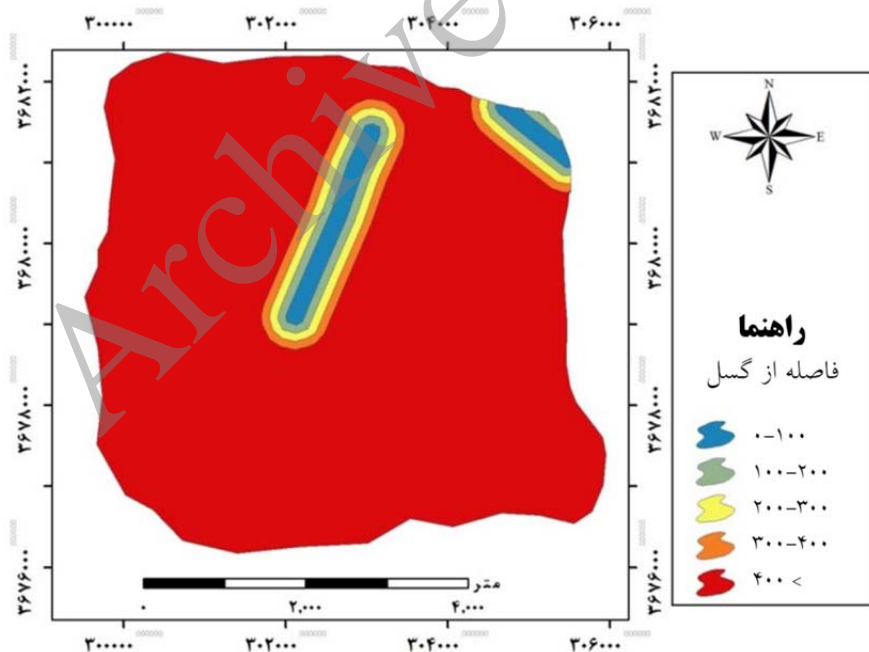
شکل ۷. نقشه کاربری اراضی



شکل ۸. نقشه طبقات ارتفاعی



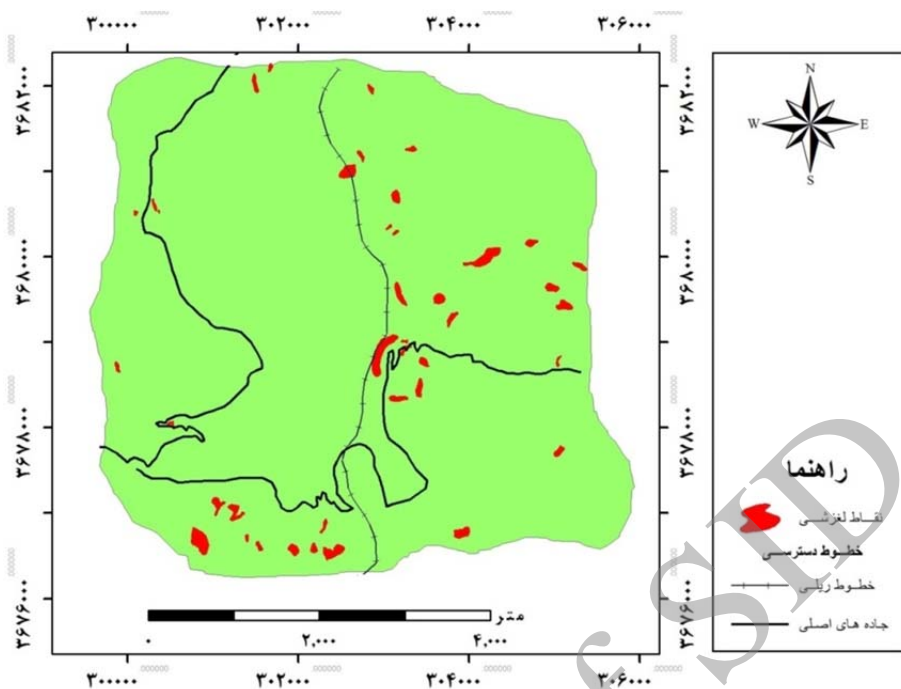
شکل ۹. نقشه طبقات بارش



شکل ۱۰. نقشه فاصله از گسل

دارد که حدود ۱/۴٪ از سطح منطقه را در بر می‌گیرد (شکل ۱۱).

نتایج بررسی زمین لغزش‌ها نشان می‌دهد که در کل ۴۰ نقطه لغزشی با مساحت ۴۵۱۹۶۱ متر مربع در سطح منطقه وجود

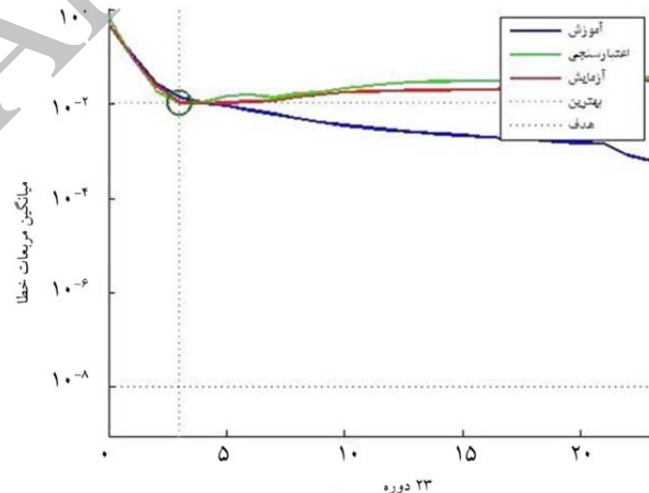


شکل ۱۱. نقشه پراکنش زمین لغزش‌های حوزه سپیددشت

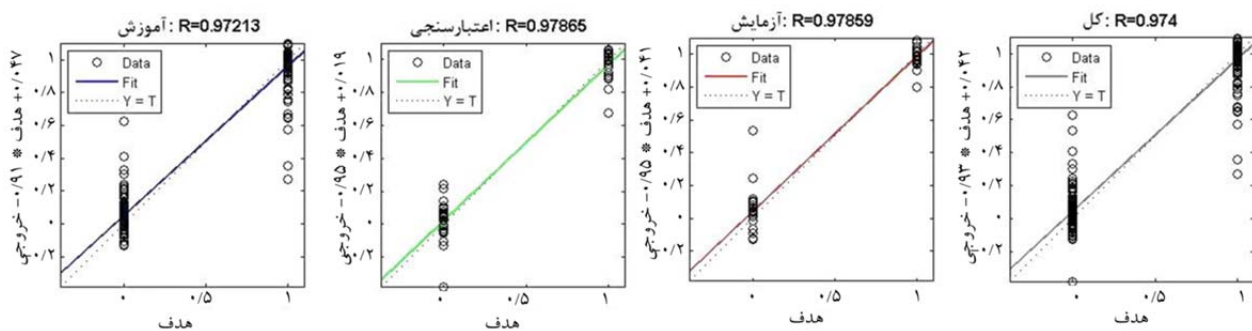
#### صحت نقشه‌های تولیدی

نرون تغییر داده شد که بهترین ساختار شبکه با ۱۳ نرون در لایه میانی تعیین گردید (شکل ۱۲). با بررسی پاسخ‌های خروجی شبکه عصبی مصنوعی در مرحله آزمایش، مشخص شد شبکه عصبی ایجاد شده قادر است با دقت بالای ۹۷٪ به وزن‌دهی پیکسل‌های ورودی بپردازد (شکل ۱۳).

به منظور پهنه‌بندی خطر لغزش در حوزه سپیددشت از اطلاعات ۳۷۰ پیکسل لغزشی و غیر لغزشی برای آموزش، آزمایش و اعتبارسنجی شبکه استفاده شد. به منظور کاهش خطا در مرحله آموزش تعداد نرون‌ها در لایه پنهان بین ۳ تا ۲۰



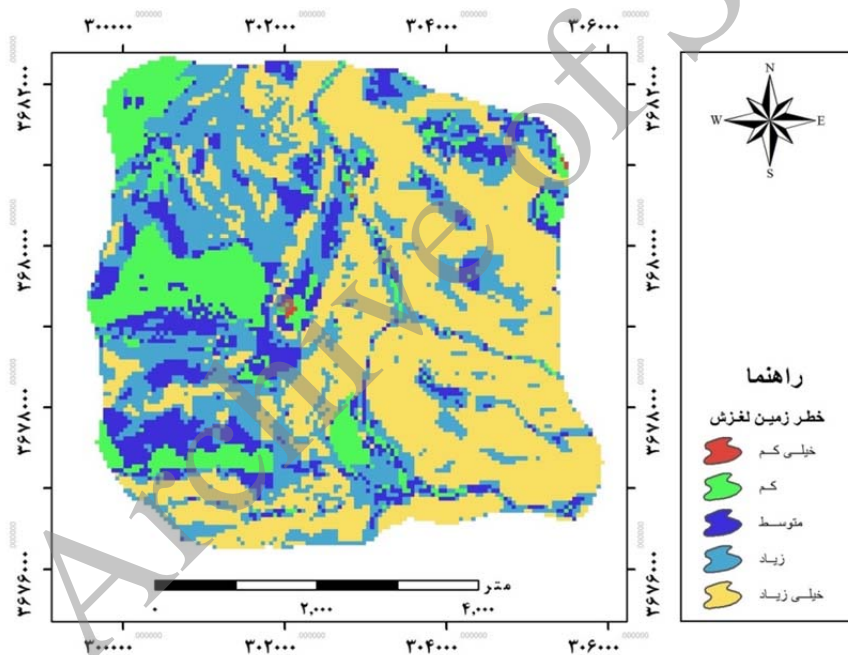
شکل ۱۲. عملکرد شبکه عصبی مصنوعی با تعداد ۱۳ نرون در لایه میانی



شکل ۱۳. برازش خط رگرسیون برای داده‌های آموزشی شبکه

۲۹/۸۵ و ۴۳/۵۲٪ از مساحت منطقه به ترتیب در پهنه‌های با خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است (شکل ۱۴ و جدول ۲).

بعد از تعیین مناسب‌ترین ساختار، برای وزن‌دهی کل پیکسل‌های منطقه که ۱۲۸۴۰ پیکسل می‌باشند وزنی بین صفر تا یک تعیین شد. نتایج نشان داد که ۰/۱۸، ۱۲/۴۱، ۱۴/۰۹،



شکل ۱۴. نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوزه سبیددشت با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

جدول ۲. درصد مساحت هر یک از پهنه‌های لغزشی در حوزه سبیددشت

کلاس‌های خطر	مبنای تقسیم‌بندی	درصد مساحت
خیلی کم	۰-۰/۲	۰/۱۸
کم	۰/۲-۰/۴	۱۲/۴۱
متوسط	۰/۴-۰/۶	۱۴/۰۹
زیاد	۰/۶-۰/۸	۲۹/۸۵
خیلی زیاد	۰/۸-۱	۴۳/۵۲

## بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق برای پهنه بندی خطر زمین لغزش منطقه ۹ عامل مورد بررسی قرار گرفته است. این عوامل شامل شیب، جهت شیب، زمین شناسی، کاربری اراضی، بارش، ارتفاع و فاصله از جاده، آبراهه و گسل می باشند. بررسی عوامل مؤثر بر لغزش بر اساس نسبت فراوانی انجام شده است. در تحلیل وزن عوامل بر اساس نسبت فراوانی هر چه مجموع فراوانی کلاس های هر عامل (شاخص حساسیت به خطر زمین لغزش) بیشتر باشد نشان دهنده همبستگی بیشتر آن عامل در وقوع زمین لغزش می باشد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که به ترتیب سه عامل شیب، جهت شیب و زمین شناسی با مجموع فراوانی ۱۲/۹۳، ۸/۳۴ و ۷/۱۰ بیشترین همبستگی را با لغزش های منطقه دارند. همچنین نتایج بررسی طبقات مهم ترین عوامل مؤثر بر لغزش های حوزه سپیددشت با استفاده از نسبت فراوانی نشان می دهد که با افزایش شیب حساسیت به لغزش بیشتر می شود که علت آن را می توان به بالا بودن مقدار ریزش های سنگی در سطح منطقه نسبت داد. بررسی جهات جغرافیایی نسبت به پراکندگی لغزش ها نشان می دهد که بیشترین حساسیت به زمین لغزش در طبقات جنوبی به دلیل تبخیر بالا می باشد. بررسی نتایج به دست آمده از لیتولوژی منطقه نشان می دهد که واحد KEa به دلیل وجود لیتولوژی حساس شیل از بیشترین حساسیت در مقابل لغزش برخوردار است. نتایج به دست آمده از بررسی کلاس های فاصله از جاده نشان داد با توجه به بر هم زدن تعادل شیب ها در فواصل نزدیک به جاده ها، بیشترین حساسیت نسبت به لغزش در کلاس ۱۰۰-۰ وجود دارد. نتایج به دست آمده از بررسی نقشه پراکندگی زمین لغزش ها نسبت به شبکه آبراهه ها نشان داد که نسبت فراوانی در کلاس های مختلف دارای روند نامنظمی می باشد، ولی می توان فرسایش را علت اصلی لغزش در فواصل نزدیک به شبکه آبراهه ها دانست. نتایج به دست آمده از کاربری اراضی نشان داد که بیشترین حساسیت به لغزش در اراضی جنگلی با تراکم کم و اراضی مرتعی وجود دارد که با توجه به چرای دام ها در سطح این کاربری این موضوع قابل

تفسیر می باشد. همچنین نتایج از سه عامل ارتفاع، بارندگی و گسل نشان می دهد که این سه فاکتور از عوامل غالب در ایجاد لغزش های منطقه نبوده و بیشتر تحت تأثیر سایر عوامل قرار دارند. در این مطالعه به منظور پهنه بندی خطر لغزش از روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است. در این روش به منظور کاهش خطا در مرحله آموزش، تعداد نرون ها در لایه پنهان بین ۳ تا ۲۰ نرون تغییر داده شدند که بهترین پاسخ شبکه با ۱۳ نرون در لایه میانی و ساختار ۱-۱۳-۹ به روش سعی و خطا تعیین گردید. با بررسی پاسخ های خروجی شبکه عصبی مصنوعی در مرحله آزمایش، مشخص شد شبکه عصبی ایجاد شده قادر است با دقت بالای ۹۷٪ به وزن دهی پیکسل های ورودی بپردازد. نتایج تحقیقات راکعی و همکاران (۳) نشان از ۲۰ نرون در لایه میانی و دقت ۹۱/۲۵٪، گومز و کاوازقلو (۱۹) ۲۸ نرون در لایه میانی و دقت ۸۷٪، کانایانی و همکاران (۱۳) ۷ نرون در لایه میانی و دقت ۸۰٪، سوری و همکاران (۵) ۱۱ نرون در لایه میانی و دقت ۹۳/۹٪ و عرب عامری و همکاران (۹) ۱۰ نرون در لایه میانی و دقت ۹۸٪ دارد. بر اساس نتایج به دست آمده ۴۳/۵۲٪ از مساحت منطقه در پهنه با خطر خیلی زیاد قرار گرفته است. لذا با توجه به وسعت بالای مساحت لغزش در کلاس خطر خیلی زیاد پیشنهاد می شود هرگونه تغییر کاربری و فعالیت عمرانی در سطح حوزه با بررسی های لازم صورت گیرد.

## تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر با حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد و در قالب طرح به انجام رسیده است. به موجب همکاری صمیمانه مسئولین این دانشگاه، نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را نسبت به ایشان ابراز می دارند.

## منابع مورد استفاده

۱. بهاروند، س. و س. سوری. ۱۳۹۴. پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی و مدل تراکم سطح (مطالعه موردی حوزه کاکاشرف، جنوب شرقی خرم آباد). نشریه زمین شناسی

- مهندسی، ۹(۴): ۳۰۹۳-۳۱۱۲.
۲. پورقاسمی، ح. ر.، ح. ر. مرادی، م. فاطمی عقدا، م. ر. مهدوی فر و م. محمدی. ۱۳۹۰. ارزیابی عوامل ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی در تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش با استفاده از منطق فازی و روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: بخشی از حوزه آبخیز هراز). مجله پژوهش حفاظت آب و خاک، ۱۸(۴): ۱-۲۰.
  ۳. راکعی، ب.، م. خامه‌چیان، پ. عبدالملکی و پ. گیاهیچی. ۱۳۸۶. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش. مجله علوم دانشگاه تهران، ۳۳(۱): ۵۷-۶۴.
  ۴. سوری، س.، س. بهاروند، ر. احمدیان مقدم و م. دهبان. ۱۳۹۲. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوزه کسمت). فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، ۹(۲): ۱۰۱-۱۱۰.
  ۵. سوری، س.، غ. ر. لشکری پور، م. غفوری و ط. فرهادی‌نژاد. ۱۳۹۰. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: حوزه کشوری نوزیان). نشریه زمین‌شناسی مهندسی، ۵(۲): ۱۲۶۹-۱۲۸۶.
  ۶. سوری، س.، غ. ر. لشکری پور، م. غفوری و ط. فرهادی‌نژاد. ۱۳۹۲. اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش و تهیه نقشه خطر آن با استفاده از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوزه کشوری). نشریه انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، ۶(۲-۱): ۱-۱۲.
  ۷. شریعت جعفری، م. و ر. حامدپناه. ۱۳۸۶. پیش‌بینی خطر ناپایداری شیب‌های طبیعی با استفاده از عملگرهای ضرب و جمع جبری فازی در البرز مرکزی. نشریه منابع طبیعی، ۶۰(۳): ۷۴۵-۷۵۷.
  ۸. عابدینی، م. و م. ح. فتحی. ۱۳۹۳. پهنه‌بندی حساسیت خطر وقوع زمین‌لغزش در حوزه آبخیز خلخال چای با استفاده از مدل‌های چند معیاره. نشریه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۲(۴): ۷۱-۸۵.
  ۹. عرب عامری، ع.، ع. کلورازان، ج. کرمی، م. علیمرادی و ک. شیرانی. ۱۳۹۳. استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: حوزه ماربر). فصلنامه بین‌المللی پژوهشی تحلیلی زمین پویا، ۴(۷): ۱۱۲-۱۲۸.
  ۱۰. فرهادی‌نژاد، ط.، م. شریعت جعفری، س. سوری و ا. ویسکرمی. ۱۳۸۹. ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی خطر زمین‌لغزش در زیر حوزه سرخاب از واحدهای هیدرولوژیکی سد دز. مجله انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، ۳: ۲۳-۳۲.
  ۱۱. منهاج، م. ب. ۱۳۸۱. مبانی شبکه‌های عصبی. انتشارات صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). ۷۱۵ صفحه.
  12. Ayalew L, Yamagishi H. 2005. The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. *Geomorphology*, 65(1): 15-31.
  13. Caniani D, Pascale S, Sdao F, Sole A. 2008. Neural networks and landslide susceptibility: a case study of the urban area of Potenza. *Natural Hazards*, 45(1): 55-72.
  14. Carrara A and Guzzetti F. 1995. *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands, PP.135-175.
  15. Conforti M, Pascale S, Robustelli G, Sdao F. 2014. Evaluation of prediction capability of the artificial neural networks for mapping landslide susceptibility in the Turbolo River catchment (Northern Calabria, Italy). *Catena*, 113: 236-250.
  16. Ercanoglu M, Gokceoglu C. 2004. Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey). *Engineering Geology*, 75(3): 229-250.
  17. Fattahi M, Toosi S and Tabar Ahmadi MKh. 2007. Estimation of Neka river sediment load by artificial neural network. 7<sup>th</sup> International Conference on River Engineering, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran, P 253-261.
  18. Fausett L. 1994. *Fundamental of Neural Networks: Architecture, Algorithms and Applications*, Prentice Hall. 461 pp.
  19. Gomez H, Kavzoglu T. 2005. Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela. *Engineering Geology*, 78(1): 11-27.
  20. Lee S, Ryu J-H, Lee M-J, Won J-S. 2006. The application of artificial neural networks to landslide susceptibility mapping at Janghung, Korea. *Mathematical Geology*, 38(2): 199-220.
  21. Mathew J, Jha V, Rawat G. 2007. Weights of evidence modelling for landslide hazard zonation mapping in part of Bhagirathi valley,

- Geoinformation, 2(3): 153-160.
26. Regmi NR, Giardino JR, Vitek JD. 2010. Modeling susceptibility to landslides using the weight of evidence approach: Western Colorado, USA. *Geomorphology*, 115(1): 172-187.
  27. Tangestani MH. 2009. A comparative study of Dempster-Shafer and fuzzy models for landslide susceptibility mapping using a GIS: An experience from Zagros Mountains, SW Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 35(1): 66-73.
  28. Yilmaz I. 2009. Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: a case study from Kat landslides (Tokat—Turkey). *Computers & Geosciences*, 35(6): 1125-1138.
  - Uttarakhand. *Current Science-Bangalore*, 92(5): 628-638.
  22. Melchiorre C, Matteucci M, Azzoni A, Zanchi A. 2008. Artificial neural networks and cluster analysis in landslide susceptibility zonation. *Geomorphology*, 94(3): 379-400.
  23. Moradi M, Bazayr M, Mohammadi Z. 2012. GIS-based landslide susceptibility mapping by AHP method, a case study, Dena City, Iran. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2(7): 6715-6723.
  24. Negnevitsky M. 2002. *Artificial intelligence – A Guide to Intelligent Systems*, Addison – Wesley Co. Great Britain, 394 pp.
  25. Rautela P, Lakhera RC. 2000. Landslide risk analysis between Giri and Tons rivers in Himachal Himalaya (India). *International Journal of Applied Earth Observation and*





## Landslide hazard zonation using artificial neural network (Case study: Sepiddasht-Lorestan, Iran)

S. Bharvand<sup>1\*</sup>, S. Soori<sup>2</sup>

1. Assis. Prof. Department of Geology, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran  
2. Young Researchers and Elite Club, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran

### ARTICLE INFO

#### *Article history:*

Received 3 January 2015  
Accepted 12 August 2015  
Available online 16 January 2016

#### *Keywords:*

Landslide  
Artificial neural network (ANN)  
Geographic information system (GIS)  
Sepiddasht  
Lorestan

### ABSTRACT

This study was carried out to determine the relative hazard zonation of the slope instabilities and landslide occurrence in Sepiddasht, Iran. The method of Artificial Neural Network with the multiple-layer perceptron structure and the back propagation learning algorithm were used. In order to study the stability of the slopes, the landslides of the region were initially identified and recorded using satellite images of TM and ETM<sup>+</sup>, aerial images of 1:50,000, and field surveys (year, 2014). The impact of each factor including slope, aspect, land use, elevation, lithology, precipitation, the distance from the fault road and drainage on the slope instabilities was estimated using the ArcGIS<sup>®</sup> 10.1 software via combining the map of the factors influencing the landslide with the landslide distribution map. Then a proper structure (1-13-9) for the landslide hazard zonation of Sepiddasht region was obtained through training the artificial neural network by MATLAB software. Based on the results of the landslide hazard zonation, 0.18, 12.41, 14.09, 29.85, and 43.52 percent of the region were located in very low, low, medium, high, and very high risk classes respectively.

\* Corresponding author e-mail address: [sa.so260@gmail.com](mailto:sa.so260@gmail.com)