# پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی مطالعه موردی: حوضهٔ کشوری (نوژیان)

*سلمان سوری، غلامرضا لشکری پور، محمد غفوری:
دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی
طاهر فرهادی نژاد: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران

تاریخ: دریافت ۹۰/۷/۱۰ پذیرش ۹۱/۶/۱

## چکیده

حوضهٔ آبریز کشوری در جنوب‌شرقی خرم‌آباد در استان لرستان قرار دارد. این حوضه از نظر تقسیم‌بندی زمین‌ساخت ایران در زاگرس چین‌خورده قرار می‌گیرد. با توجه به نوع سازندهای زمین‌شناسی، وضعیت توپوگرافی و اقلیم آن، این حوضه از پتانسیل لغزش زیادی برخوردار است و از نظر لغزشی ناپایدار است. در این تحقیق برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در این حوضه از روش شبکهٔ عصبی مصنوعی با ساختار پرسپترون چندلایه و الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا استفاده شده است. نتایج به‌دست آمده از شبکهٔ عصبی مصنوعی نشان‌دهندهٔ ساختار نهایی ۱-۱۱-۹ برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در این حوضه است. بر اساس این پهنه‌بندی ۲۳/۸۱، ۷/۵۳، ٦/٤۹، ۱۸/٦۸، ٤۳/٤۷ درصد از مساحت منطقه به‌ترتیب در کلاس‌های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: زمین‌لغزش، پهنه‌بندی، حوضهٔ کشوری، شبکهٔ عصبی مصنوعی

*نویسنده مسئول soorisalman@yahoo.com

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

## مقدمه

زمین‌لغزش به‌عنوان یکی از انواع حرکت‌های توده‌ای شامل حرکت تند یا کند مواد سنگی، خاکی یا مجموع هر دو در روی دامنه به‌سمت پایین تحت تأثیر نیروی جاذبه است [۱]. این پدیده از جمله بلایای طبیعی است که هر سال زیان‌های جانی و مالی هنگفتی را در کشورهای مختلف به‌بار می‌آورد. این پدیدهٔ طبیعی باعث تخریب و یا خسارت به انواع سازه‌های مهندسی و فعالیت‌های بشری از جمله مناطق مسکونی، شریان‌های حیاتی مانند راه‌ها، لوله‌های انتقال گاز، آب، خطوط انتقال نیرو، جنگل‌ها و مراتع، زمین‌های کشاورزی و معادن می‌شود. افزون بر آن، اثرات اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از وقوع این پدیده، مانند اثرهای سوء اجتماعی و افزایش بار رسوبی رودخانه‌ها را نیز نباید نادیده گرفت.

استان لرستان به‌دلیل خصوصیات متنوع زمین‌شناسی نظیر لیتولوژی، تکتونیک، لرزه‌خیزی و شرایط خاص آب و هوایی، از جمله مناطق دارای پتانسیل لغزش است. قرار گرفتن بر روی کمربند زلزله‌خیز آلپ–هیمالیا، عبور گسل بزرگ زاگرس، تناوب لایه‌های سخت آهکی و لایه‌های سست مارنی شیلی در یال تاقدیس‌های بزرگ در سرتاسر این استان شرایط مساعدی برای ناپایداری بخش‌های بزرگی از دامنه‌های طبیعی به‌وجود آورده است. هم‌چنین شرایط توپوگرافی و زمین‌شناسی منطقه بررسی شده به‌گونه‌ای است که بهترین وضعیت را برای لغزش قطعات و توده‌های بزرگ خاک و سنگ در مقیاس کوچک تا بزرگ مهیا کرده است. در ارتباط با زمین لغزش و پهنه‌بندی لغزش‌ها تا کنون بررسی‌هایی در این استان انجام شده است. از جمله پژوهش‌های انجام شده عبارتند از: پژوهش‌های مقتدر و همکاران [۲] و نوریزدیان و ملکی‌راد [۳].

ارزیابی ناپایداری‌های دامنه‌ای مانند بسیاری از موضوعات زمین‌شناسی محیطی[۱] از پیچیده‌ترین مسائل است که به‌دلیل تنوع عوامل مؤثر در وقوع ناپایداری دامنه‌هاست. وجود عدم قطعیت که ناشی از گنگ بودن، کامل نبودن و مبهم بودن شرایط و مفاهیم مرتبط با پارامترهایی نظیر زمین‌شناسی، هیدرولوژی، تکتونیک، پوشش گیاهی، بارندگی، فرسایش، نوسان‌های درجهٔ حرارت، تأثیر یخبندان و... در بروز ناپایداری دامنه‌ای، هستند لزوم استفاده از

۱. Geoenvironment

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

روش‌های دقیق و مناسب را در بررسی ناپایداری‌های دامنه‌ای، منطقی می‌کنند [٤]. در این تحقیق برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضهٔ کشوری از روش شبکهٔ عصبی مصنوعی استفاده شده است. این روش مکانیسمی محاسباتی است که قادر است با گرفتن اطلاعات و محاسبه کردن آن‌ها مجموعه‌ای اطلاعات جدید ارائه دهد [٥]. در این شبکه سعی بر این است که ساختاری مشابه ساختار بیولوژیکی مغز انسان و شبکهٔ اعصاب بدن ساخته شود تا همانند مغز قدرت یادگیری، تعمیم‌دهی و تصمیم‌گیری داشته باشد [٦]. علاوه بر آن این روش نسبت به روش‌های دیگر دارای مزیت‌هایی است، از جمله این‌که شبکهٔ عصبی مصنوعی از توزیع آماری داده‌ها مستقل است و به متغیرهای آماری مخصوصی نیاز ندارد [٥]، [٧]، این روش برای آنالیز صحت داده‌ها به بررسی کم‌تری در قیاس با روش‌های آماری نیاز دارد [٧]، و هم‌چنین به‌واسطهٔ قابلیت منحصر به‌فرد شبکه‌های عصبی در تعمیم دادن عمومیت‌های حاکم در پایگاه داده در حین آموزش، از شبکهٔ عصبی می‌توان برای تصمیم‌گیری در موارد جدید که قبلاً در اختیار شبکه قرار نگرفته، استفاده کرد.

در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی پژوهش‌هایی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است که می‌توان در خارج از کشور پژوهش‌های لی[۱] و همکاران، حساسیت‌پذیری زمین‌لغزش در منطقهٔ جونقوک کره را نام برد [٥]. کانیانی[۲] و همکاران با استفاده از روش شبکهٔ عصبی مصنوعی نقشهٔ پهنه‌بندی حساسیت‌پذیری زمین‌لغزش در منطقهٔ پیتنزا واقع در ایتالیا را تهیه کردند [٧]، یلماز[۳]، با استفاده از سه روش، شبکهٔ عصبی مصنوعی، نسبت فراوانی و رگرسیون لجستیک به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقهٔ کت (توکت-ترکیه) پرداخت [٨]، پرادهان[٤] و همکاران مدل شبکهٔ عصبی انتشاری برگشتی مبتنی بر GIS را برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در مالزی استفاده کردند [٩]. در داخل از کشور نیز می‌توان به پژوهش‌های پهنه‌بندی زمین‌لغزش در منطقهٔ سفیدارگلهٔ استان سمنان با استفاده از شبکهٔ عصبی توسط راکعی و همکاران [١٠]، و هم‌چنین پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در بخشی از زیر حوضهٔ هراز با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی به‌وسیلهٔ سپهوند [١١] اشاره کرد.

۱. Lee ۲. Caniani ۳. Yilmaz ٤. Pradhan

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

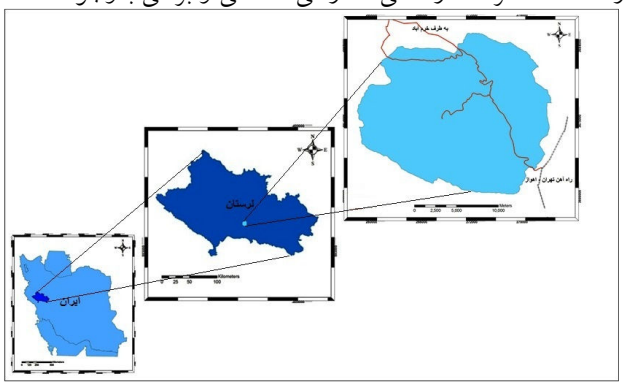
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

## مواد و روش‌ها

### ویژگی‌های حوضهٔ پژوهش

حوضهٔ آبریز کشوری با مساحت ۳٤٤/۹۱ کیلومترمربع در ۲۰ کیلومتری جنوب‌شرقی خرم‌آباد در استان لرستان قرار دارد (شکل ۱). این حوضه از زیرحوضه‌های حوضهٔ آبریز رودخانهٔ دز است که خروجی آن در ایستگاه راه آهن-کشور به روخانهٔ سزار می‌پیوندد.

محدودهٔ حوضه از شمال به کوه سفید و کوکلا، از شمال‌شرق به کوه تاف، از شرق و جنوب‌شرق به رودخانهٔ دز و کوه چلن از جنوب به کوه سرور و از غرب به کوه هشتادپهلو محدود می‌شود. بلندترین نقطهٔ ارتفاعی آن ۲۸۰۰ متر و پست‌ترین نقطه ۸۰۰ متر از سطح آزاد دریا قرار دارد. از دیدگاه زمین‌ساختی گسترهٔ بررسی شده در پهنهٔ زاگرس چین‌خورده قرار گرفته است که از طرف بالا به زون زاگرس مرتفع و از طرف پایین به دشت خوزستان محدود می‌گردد. حوضهٔ مذکور از یک سری چین‌های موازی با امتداد شمال غربی- جنوب‌شرقی (N50W-70NW) با سطح محوری قائم، مایل و حتی در بعضی موارد نیز به شکل خوابیده تشکیل شده است. روند ساختمانی آن کاملاً موازی با روند راندگی زاگرس است و چین‌ها، گسل‌ها و درزه‌ها تحت حرکات راندگی فشارشی، کششی و برشی به‌وجود آمده‌اند.




**شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه کشوری**

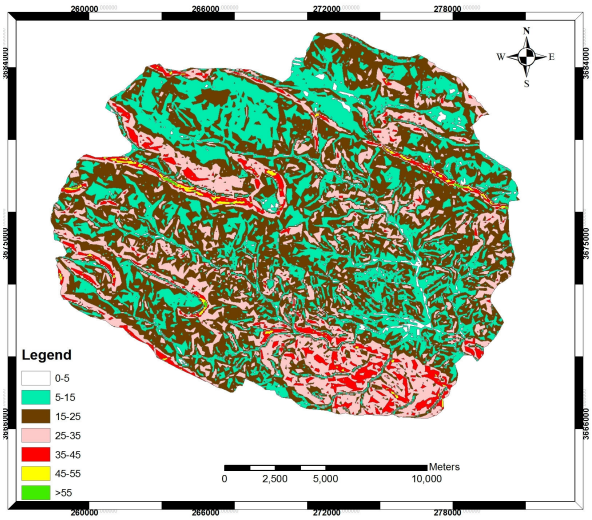
### لایه‌های اطلاعاتی استفاده شده

در این تحقیق برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش منطقه ۹ عامل بررسی شد. این عوامل شامل شیب، جهت‌شیب، زمین‌شناسی (لیتولوژی)، کاربری اراضی، طبقات ارتفاعی، نقشه‌های

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

هم‌شتاب، هم‌باران، فاصله از گسل و آبراهه هستند. نقشهٔ این عوامل با نرم‌افزار ArcGIS تهیه و برای پهنه‌بندی نهایی در شبکهٔ عصبی مصنوعی استفاده شده است.

۱. مقدار شیب دامنه: شیب از عوامل اصلی ایجاد زمین‌لغزش در مناطق مختلف است و اکثر روش‌ها به این پارامتر تأکید دارند. به‌منظور تهیهٔ نقشهٔ شیب از نقشهٔ مدل رقومی ارتفاعی که از خطوط تراز نقشهٔ توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ خرم‌آباد در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد (شکل ۲)، استفاده شده است. نقشهٔ شیب برای منطقهٔ بررسی رشده مطابق شکل ۱ در ۷ کلاس ۵-۰، ۱۵-۵، ۲۵-۱۵، ۳۵-۲۵، ۴۵-۳۵، ۵۵-۴۵ و بیش‌تر از ۵۵ درصد تهیه شد.



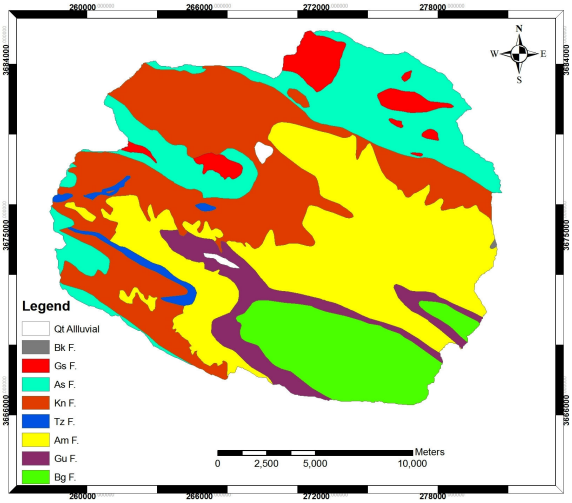

**شکل ۲. نقشهٔ شیب حوضه**

۲. نقشهٔ جهت شیب: جهت شیب از عوامل تأثیرگذار در تهیهٔ نقشهٔ حساسیت به خطر زمین‌لغزش است. زیرا جهت شیب نشان‌دهندهٔ تأثیر متفاوت نور آفتاب (تشعشعات خورشید)، بادهای گرم و خشک و بارش در جهت‌های مختلف است [۱۲]. در این تحقیق به‌منظور ارتباط بین جهت شیب و لغزش‌های رخ‌داده نقشهٔ جهت شیب به ۹ کلاس شمال (°۲۲/۵-۰ و °۳۶۰-۳۳۷/۵)، شمال‌شرقی (°۶۷/۵-۲۲/۵)، شرق (°۱۱۲/۵-۶۷/۵)، جنوب‌شرقی (۱۱۲/۵-°۱۵۷/۵)، جنوب (°۱۵۷/۵-۲۰۲/۵)، جنوب‌غربی (°۲۰۲/۵-۲۴۷/۵)، غرب (°۲۴۷/۵-۲۹۲/۵) و شمال‌غربی (°۲۹۲/۵-۳۳۷/۵) طبقه‌بندی شد.

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

۳. زمین‌شناسی منطقه: طبق بررسی‌های انجام گرفته حوضهٔ کشوری از لیتولوژی متنوعی برخوردار است و این عامل تأثیر به‌سزایی در لغزش‌های منطقه دارد. بیش‌ترین حساسیت به خطر لغزش در مناطقی است که سازنـدها حاوی سنگ‌های مارنـی و آهکی هستند. واحدهای چینه‌شناسی سنگی[۱] حوضهٔ کشوری به‌ترتیب از قدیمی‌ترین واحد تا جوان‌ترین آن از نظر لیتولوژی و چینه‌شناسی شامل آهک بنگستان، سازند گورپی، سازند امیران، سازند آهکی تله‌زنگ، سازند کشگان، سازند آسماری، شهبازان، سازند گچساران، سازند کنگلومرای بختیاری و رسوبات آبرفتی (Qt) است (شکل ۳).




**شکل ۳. نقشهٔ لیتولوژی حوضه**

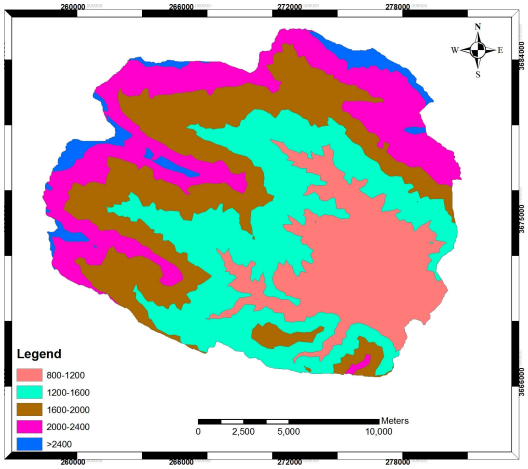
٤. نقشهٔ کاربری اراضی: نقشهٔ کاربری اراضی نحوهٔ توزیع پوشش گیاهی و غیرگیاهی و هم‌چنین نوع پوشش گیاهی در نقاط مختلف را نشان می‌دهد [۱۳]. در حوضهٔ کشوری کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای TM و تفسیر تصاویر NDVI استخراج شده و با عملیات میدانی تکمیل شده است. بر اساس بررسی صورت گرفته کاربری‌های اراضی زراعی دیم (DF)، اراضی زراعی آبی (DE)، اراضی تخریبی زراعی (DL)، اراضی جنگلی (F)، اراضی مرتعی (RL) و اراضی صخره‌ای (R) در منطقه شناسایی شد.

۱. Litho stratigraphic unit

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

۵. طبقات ارتفاعی: نقشهٔ طبقات ارتفاعی از طبقه‌بندی نقشهٔ DEM منطقه تهیه می‌شود. به‌منظور بیان ارتباط بین عامل ارتفاع و زمین‌لغزش‌های رخ‌داده در منطقه و با توجه به هیستوگرام فراوانی تجمعی، نقشهٔ طبقات ارتفاعی در ۵ کلاس ۱۲۰۰–۸۰۰، ۱۶۰۰–۱۲۰۰، ۲۰۰۰–۱۶۰۰، ۲۴۰۰–۲۰۰۰ و بیش‌تر از ۲۴۰۰ متر تهیه شد (شکل ٤).




**شکل ٤. نقشهٔ طبقات ارتفاعی حوضه**

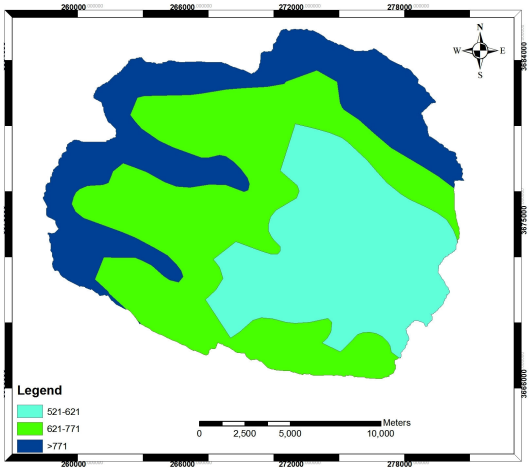
٦. نقشهٔ هم‌شتاب: پدیدهٔ زمین‌لرزه در ایران به‌دلیل رشته کوه‌های وسیع و گسترده با وقوع زمین‌لغزش‌های بزرگ همراه بوده است. عامل لرزه‌خیزی به‌صورت مقدار شتاب زلزله در منطقه، بررسی می‌شود [١٤]. منطقهٔ بررسی شده بر اساس گزارش پژوهش‌های لرزه‌خیزی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله در دو پهنهٔ هم‌شتاب قرار می‌گیرد، پهنهٔ ۰/۳–۰/٤g و پهنهٔ با شتاب g ۰/۵– ۰/٤ که پهنهٔ اخیر حدود ۷۹ درصد از وسعت حوضه را در بر می‌گیرد [۱۵].

۷. نقشهٔ فاصله از گسل: برای عامل گسل اثرات مختلفی را در بروز لغزش در دامنه‌ها می‌توان متصور شد. خردشدگی و برشی شدن در مناطق گسلی، نفوذ آب از این مناطق به داخل دامنه‌ها، بروز ناپیوستگی در اطراف گسل‌ها و اختلاف فرسایش در دامنه‌ها از جمله اثراتی است که می‌توان به آن‌ها اشاره کرد. در این تحقیق برای این‌که نقشهٔ فاصله از گسل به‌عنوان

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

عاملی خطی اثر خود را نشان دهد به ۵ طبقه با فواصل ۱۵۰۰-۰، ۳۰۰۰-۱۵۰۰، ۴۵۰۰-۳۰۰۰، ۶۰۰۰-۴۵۰۰ و بیش‌تر از ۶۰۰۰ متر طبقه‌بندی شده است.

۸. نقشهٔ هم‌باران: نفوذ آب‌های سطحی در فصل بارندگی باعث بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و در نتیجه کاهش تنش مؤثر و مقاومت برشی شیب‌ها می‌گردد. کاهش پارامترهای مقاومتی خاک خود پتانسیل وقوع لغزش را افزایش می‌دهند. این مسئله به‌خصوص در خاک‌های مستعد لغزش مانند لایه‌های مارنی بسیار حائز اهمیت است [۱۴]. با توجه به آمار بارندگی سالانه ایستگاه‌ها در محیط GIS نقشهٔ هم‌باران منطقه به ۳ طبقه <۶۲۱، ۷۷۱-۶۲۱، >۷۷۱ میلی‌متر تقسیم شده است (شکل ۵).




**شکل ۵. نقشهٔ هم‌باران حوضهٔ کشوری**

۹. نقشهٔ فاصله از آبراهه: به‌منظور تهیهٔ نقشهٔ حریم فاصله از آبراهه، شبکهٔ آبراهه از روی نقشهٔ توپوگرافی مشخص و در محیط نرم‌افزار GIS رقومی گردید. سپس نقشهٔ مورد نظر به ۵ کلاس با فواصل ۱۰۰-۰، ۲۰۰-۱۰۰، ۳۰۰-۲۰۰، ۴۰۰-۳۰۰ و بیش‌تر از ۴۰۰ متر تقسیم و به منظور بیان ارتباط بین خطر زمین‌لغزش و حریم فاصله از آبراهه به‌کار گرفته شد.

برای بررسی ارتباط عوامل تأثیرگذار بر وقوع زمین‌لغزش در حوضهٔ کشوری بعد از تهیهٔ نقشهٔ این عوامل و با تلفیق این نقشه‌ها با نقشهٔ نقاط لغزشی منطقه، پراکندگی نقاط لغزشی نسبت به عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش در محیط نرم‌افزار ArcGIS بررسی شده است (جدول۱).

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

**جدول ۱. بررسی ارتباط بین عوامل موثر بر لغزش با نقاط لغزشی در حوضه کشوری**

| شیب | | جهت شیب | | زمین‌شناسی | | کاربری اراضی | | طبقات ارتفاعی | | شتاب زلزله | | گسل | | بارش | | آبراهه | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کلاس | درصد لغزش | کلاس | درصد لغزش | کلاس | درصد لغزش | کلاس | درصد لغزش | کلاس | درصد لغزش | کلاس | درصد لغزش | کلاس | درصد لغزش | کلاس | درصد لغزش | کلاس | درصد لغزش |
| ۰-۵ | ۰ | QT | ۵/۰۸ | QT | ۰/۳۵ | DF | ۱/۳۵ | ۸۰۰-۱۲۰۰ | ۱/۳۵ | ۰/۳-۰/۴ | ۱۶/۶ | ۰-۱۵۰۰ | ۵۸/۶ | ۵۲۱-۶۲۱ | ۵/۴ | ۰-۱۰۰ | ۳۹/۶ |
| ۵-۱۵ | ۶/۵ | BK | ۲۴/۱ | BK | ۰/۰۳ | DE | ۰/۶۷ | ۱۲۰۰-۱۶۰۰ | ۱۲/۵ | ۰/۴-۰/۵ | ۸۳/۴ | ۱۵۰۰-۳۰۰۰ | ۲۴/۱ | ۶۲۱-۷۲۱ | ۳۲/۹ | ۱۰۰-۲۰۰ | ۲۳/۴ |
| ۱۵-۲۵ | ۱۳/۵ | GS | ۵/۰۸ | GS | ۳/۷۶ | DL | ۷/۱۱ | ۱۶۰۰-۲۰۰۰ | ۲۸/۸ | - | - | ۳۰۰۰-۴۵۰۰ | ۷/۱۱ | >۷۲۱ | ۶۱/۸۷ | ۲۰۰-۳۰۰ | ۱۴/۹ |
| ۲۵-۳۵ | ۲۴ | AS | ۱۰/۵ | AS | ۱۶/۹ | F | ۴۸/۸ | ۲۰۰۰-۲۴۰۰ | ۳۶/۹ | - | - | ۴۵۰۰-۶۰۰۰ | ۴/۴ | - | - | ۳۰۰-۴۰۰ | ۷/۵ |
| ۳۵-۴۵ | ۴۱/۴ | KN | ۳۵/۹ | KN | ۲۹/۶ | RL | ۳۲/۶ | >۲۴۰۰ | ۲۰/۴ | - | - | >۶۰۰۰ | ۵/۶ | - | - | <۴۰۰ | ۱۳/۵ |
| ۴۵-۵۵ | ۱۳/۵ | TZ | ۱۳/۲ | TZ | ۱/۲۸ | R | ۹/۴۹ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| >۵۵ | ۱/۰۱ | AM | ۲۴۷/۵-۲۹۲/۵ | AM | ۲۹/۹ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

| شیب | | جهت شیب | | زمین‌شناسی | | کاربری اراضی | | طبقات ارتفاعی | | شتاب زلزله | | گسل | | بارش | | آبراهه | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | ۲۹۲/۵-۳۳۸/۵ | ۱/۶۹ | GU | ۶/۵۴ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | ۳۳۸/۵-۳۶۰ | ۲/۸۷ | BG | ۱۱/۶ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

**شبکه‌بندی منطقه**

برای استفاده از فاکتورهای تأثیرگذار در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در شبکهٔ عصبی مصنوعی باید خصوصیات آن‌ها تعیین شود. برای تعیین خصوصیات هر نقشه، باید آن را به پیکسل‌هایی با اندازهٔ مشخص تقسیم کرد. اگر اندازهٔ پیکسل‌ها کوچک باشد، دقت پهنه‌بندی و حجم اطلاعات زیاد و در نتیجه وقت‌گیر است. بنا بر این در این بررسی اندازهٔ هر پیکسل ۸۷×۸۷ متر تعیین شده است. که با این تقسیم‌بندی منطقه به ٤۲۸۸۰ پیکسل تقسیم شد، که در ۲۹۵ پیکسل آن لغزش رخ داده است. هر پیکسل از هر نقشه حاوی ۹ مشخصه و لایهٔ اطلاعاتی است که از این اطلاعات برای استفاده در شبکهٔ عصبی و پهنه‌بندی نهایی استفاده شده است.

**شبکهٔ عصبی مصنوعی**

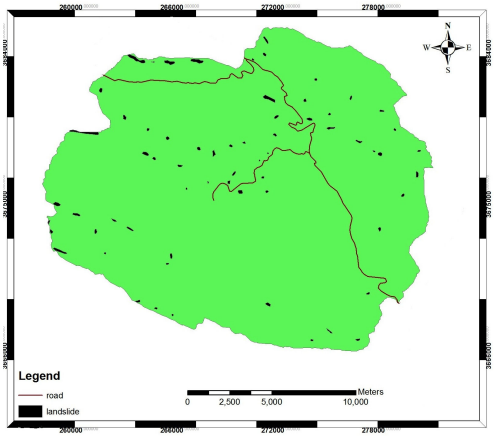
بعد از انتخاب عوامل و تهیهٔ نقشه‌های رقومی شده آن‌ها، دوسری اطلاعات برای تحلیل در سیستم شبکهٔ عصبی مصنوعی، که در این تحقیق از شبکهٔ عصبی مصنوعی با ساختار پرسپترون چندلایه و الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا استفاده شده است، به‌کار گرفته می‌شود، که این اطلاعات برای آموزش شبکهٔ عصبی ضروری هستند.

**الف) نقشهٔ پراکنش زمین‌لغزش‌ها:** اولین گام در تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقهٔ مطالعاتی، تهیهٔ نقشهٔ پراکنش زمین‌لغزش‌های اتفاق افتاده است. به این منظور با استفاده

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

از عکس‌های هوایی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه و بازدیدهای صحرایی ۲۹۵ پیکسل لغزشی در منطقه بررسی شده تشخیص داده شد (شکل ٦).




**شکل ٦. نقشه پراکنش لغزش‌های منطقه**

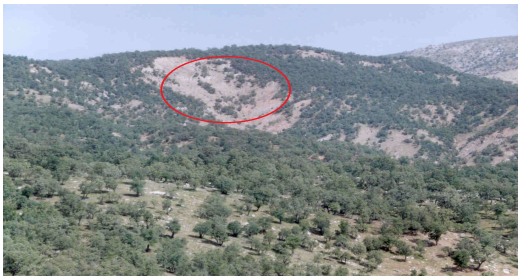
بررسی لغزش‌های منطقه نشان می‌دهد که بیش‌تر لغزش‌های حوضه دارای مکانیسمی از نوع (Earth slide، Rock fall، Flow و debris slide) یا ترکیبی از دو نوع از مکانیسم‌های ذکر شده‌اند (شکل ۷ و ۸).

**ب) نقشهٔ مناطق غیرلغزشی:** مناطق غیرلغزشی مناطقی هستند که احتمال خطر لغزش خیلی کم در نظر گرفته می‌شود. این مناطق در داخل شیب‌های کم‌تر از ۵ درجه و در داخل آبراهه‌ها قرار می‌گیرند [١٦].

**شکل ۷. جریان مواد در زیر حوضه سرخ دوش**

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]



**شکل ۸. تخریب اراضی جنگلی حوضه کشوری در اثر لغزش**

برای تعیین شاخص حساسیت زمین‌لغزش[۱] (LSI) هر یک از طبقه‌های عوامل مختلف، از مدل احتمالی نسبت فراوانی[۲] استفاده شد زیرا کاربرد آن ساده و نتایج آن خیلی قابل احتمال هستند [۱۷]. بدین‌منظور شاخص حساسیت به خطر لغزش بر اساس رابطهٔ (۱) محاسبه شد [۹]، [۱۸].

$$LSI=\sum Fr \qquad \text{رابطهٔ (۱)}$$

LSI : شاخص حساسیت به خطر زمین‌لغزش در هر طبقه

و Fr: نسبت فراوانی وقوع زمین‌لغزش در هر طبقه است. در این رابطه هرچه Fr زیاد باشد، میزان حساسیت به وقوع زمین‌لغزش آن طبقه زیاد است.

در برنامه نوشته شده برای تسهیل در هم‌گرایی شبکهٔ عصبی مصنوعی، مقادیر مربوط به نرون‌های ورودی نرمالیزه شدند زیرا وارد کردن داده‌ها به‌صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه می‌شود. در این تحقیق برای عمل نرمال‌سازی از رابطهٔ (۲) استفاده شده است [۸].

$$x_i = \frac{z_i - z_{i(min)}}{z_{i(max)} - z_{i(min)}} \qquad \text{رابطهٔ (۲)}$$

که در آن $z_i$ برابر با وزن پیکسل مورد نظر، $z_{i(min)}$ برابر با کم‌ترین وزن فاکتور مورد نظر، $z_{i(max)}$ برابر با بیش‌ترین وزن فاکتور مورد نظر و $x_i$ برابر با وزن نرمال شده فاکتور مورد نظر است. بعد از ورود داده‌ها به شبکهٔ عصبی مصنوعی در ابتدا به‌منظور آموزش بهتر و سریع‌تر همه وزن‌های شبکه به‌صورت تصادفی بین ۰/۷- تا ۰/۷ وزن دهی شدند و سپس در مرحلهٔ آموزش هر عامل دارای وزن جدیدی می‌شود که این وزن‌ها برای پیش‌بینی میزان خطر در دیگر پیکسل‌ها استفاده می‌شوند [۵]، [۱۱].

۱. Landslide Susceptibility Index ۲. Frequency Ratio

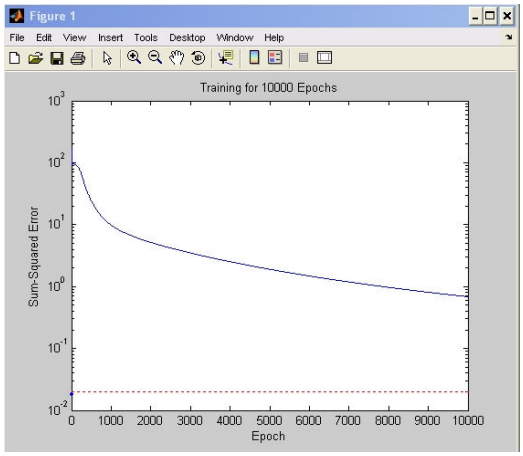
[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

برای کار با شبکهٔ عصبی مصنوعی تعداد نرون در لایهٔ پنهان، نسبت یادگیری و تعداد تکرار در برنامهٔ نوشته شده در محیط نرم‌افزار متلب[۱]، قابل تغییر بودند. برای تعیین هر یک از پارامترهای ذکر شده روش‌های زیادی وجود دارد که یکی از کار آمدترین آن‌ها استفاده از روش سعی و خطا است تا از این طریق بتوان طی مراحل آموزش و آزمایش شبکه به کم‌ترین مقدار خطا دست پیدا کنیم (شکل ۹). در این تحقیق برای تعیین مقدار خطا در هر مرحله از مجذور مربعات خطا (RMSE) استفاده شده است.

برای آموزش و آزمایش شبکهٔ باید به‌طور تصادفی و معمولاً به‌طور مساوی به‌ترتیب از ۲/۳ و ۱/۳ داده‌های لغزشی و غیرلغزشی استفاده کرد [۱۹]، [۲۰]. برای انتخاب تصادفی این داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شده است. بعد از انتخاب داده‌های آموزشی و آزمایشی برای قرار دادن خروجی هر نرون در محدودهٔ خاصی (در این تحقیق محدوده ۱-۰ مدنظر بوده است)، در برنامهٔ نوشته شده از تابع فعال‌ساز (رابطهٔ ۳) استفاده شده است [۲۱].

رابطهٔ (۳)
$$f(net_{pi}) = \frac{1}{1+e^{-net_{pi}}}$$




شکل ۹. کاهش خطا در طی مرحلهٔ آموزش

۱. MATLAB

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

## نتایج و بحث

در این تحقیق از اطلاعات ۵۹۰ پیکسل لغزشی و غیرلغزشی برای آموزش و آزمایش شبکهٔ استفاده شده است که از این تعداد ۳۹٤ پیکسل برای آموزش و ۱۹٦ پیکسل برای آزمایش شبکه به‌کار رفته است. با بررسی پاسخ‌های خروجی شبکهٔ عصبی مصنوعی در مرحلهٔ آزمایش، مشخص شد که شبکهٔ عصبی ایجاد شده قادر است از میان ۹۸ پیکسل لغزشی، ۸۹ مورد را به درستی گزارش دهد که نشان‌دهندهٔ حساسیت تشخیص معادل ۹۰/۸ درصد است. هم‌چنین از میان ۹۸ پیکسل غیرلغزشی، شبکه قادر به تشخیص ۹۵ مورد از نمونه‌های آزمایشی شد که بیانگر ویژگی تشخیص معادل ۹٦/۹ درصد است. بنا بر این دقت کل شبکه طی مرحلهٔ آزمایش حدود ۹۳/۹ درصد محاسبه شد. طی مرحلهٔ آموزش هر یک از پارامترهای شبکهٔ عصبی برای به حداقل رساندن مقدار خطا با استفاده از روش سعی و خطا به قرار زیر تعیین شد:

تعداد تکرار: تعداد تکرار از ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ تغییر داده شده، که با تعداد تکرار ۱۰۰۰۰ کم‌ترین مقدار خطا به‌دست آمد و از ۱۰۰۰۰ به‌بعد خطا طی مرحلهٔ آموزش شروع به افزایش یافتن کرد.

نسبت یادگیری: مقدار نسبت یادگیری از ۰/۱ تا ۰/٤ تغییر داده شد که مقدار ۰/۱ با ممنتم ۰/۹ کم‌ترین مقدار خطا را نشان داد.

لایهٔ پنهان: تعداد نرون‌ها بین ۳ تا ۲۰ تغییر داده شدند و کم‌ترین مقدار خطا برای تعیین لایهٔ پنهان با تعداد ۱۱ نرون به‌دست آمد.

ساختار شبکه: در نهایت با ساختار ۱-۱۱-۹ بهترین جواب برای پهنه‌بندی منطقه به‌دست آمد و پهنه‌بندی نهایی را بر اساس این ساختار انجام دادیم.

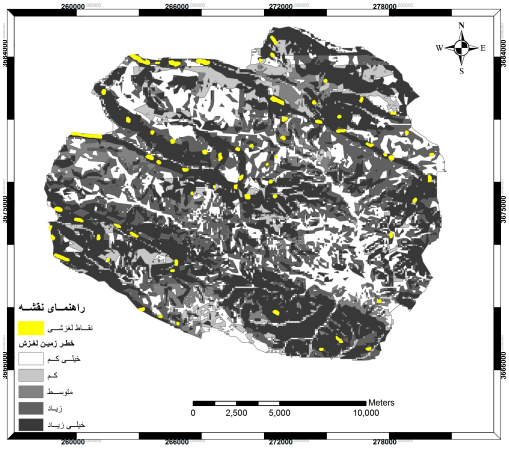
بر اساس پارامترهای تعیین شده مقدار RMSE برابر ۰/۱٤۹ و دقت شبکه ۹۳/۹ درصد به‌دست آمد. بعد از تعیین پارامترهای بالا با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی برای کل پیکسل‌های منطقه که ٤۲۸۸۰ هستند وزنی بین ۱-۰ تعیین شد و در نهایت نقشه پهنه‌بندی منطقه به ۵ پهنهٔ ۰/۲-۰، ۰/٤-۰/۲، ۰/٦-۰/٤، ۰/۸-۰/٦، ۱-۰/۸ (جدول ۲) که به‌ترتیب پهنه‌های با خطر خیلی‌کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد است تقسیم‌بندی شد (شکل ۱۰).

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

**جدول ۲. درصد مساحت هر یک از پهنه‌های لغزشی در حوضهٔ کشوری**

| درصد مساحت | کلاس‌های خطر |
|---|---|
| ۲۳/۸۱ | خیلی‌کم |
| ۷/۵۳ | کم |
| ٦/٤٩ | متوسط |
| ۱۸/٦۸ | زیاد |
| ٤۳/٤۷ | خیلی‌زیاد |




**شکل ۱۰. نقشهٔ پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضهٔ کشوری با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی**

## نتیجه‌گیری

زمین‌لغزش از خطرناک‌ترین انواع حرکات توده‌ای به‌شمار می‌آید که همه ساله خسارات زیادی را در کشور ما و هم‌چنین در استان لرستان به‌بار می‌آورد که برای جلوگیری از آن باید تمهیدات لازم را انجام داد.

عوامل متعددی می‌توانند در وقوع زمین‌لغزش نقش داشته باشند. در این تحقیق برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش منطقه ۹ عامل بررسی شد. این عوامل شامل شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی (لیتولوژی)، کاربری اراضی، طبقات ارتفاعی، نقشه‌های هم‌شتاب، هم‌باران، فاصله از گسل و آبراهه هستند که طبق بررسی‌های انجام گرفته عامل شیب نقش پررنگ‌تری را در ایجاد زمین‌لغزش‌های منطقه ایفا می‌کند.

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

بر اساس نتایج به‌دست آمده از پهنه‌بندی حوضهٔ کشوری با شبکهٔ عصبی مصنوعی، نسبت یادگیری یکی از پارامترهایی است که به‌وسیلهٔ سعی و خطا مشخص می‌شود. معمولاً الگوریتم پس انتشار خطا با نسبت یادگیری پایین بهترین جواب را می‌دهد. نسبت ممنتم برای الگوریتم پس انتشار خطا معمولاً ۰/۹ در نظر گرفته می‌شود که در این تحقیق نیز با نسبت یادگیری ۰/۱ و نسبت ممنتم ۰/۹ بهترین جواب به‌دست آمده است. تعداد تکرار نیز به‌عنوان پارامتر دیگر شبکهٔ عصبی مصنوعی در مرحلهٔ آموزش برای جلوگیری از آموزش بیش از حد و افزایش خطا با روش سعی و خطا تعیین شده است. در این تحقیق با تعداد تکرار ۱۰۰۰۰ بهترین جواب به‌دست آمده است. و در نهایت تعداد نرون در لایهٔ پنهان برای تعیین ساختار بهینه شبکهٔ عصبی مصنوعی با روش سعی و خطا تعیین شد. در این تحقیق با ۱۱ نرون در لایهٔ پنهان و ساختار ۱-۱۱-۹ بهترین جواب به‌دست آمد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از مرحلهٔ آزمایش مقدار RMSE برابر ۰/۱٤۹ و دقت شبکه ۹۳/۹ تعیین شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که ۲۳/۸۱، ۷/۵۳، ٦/٤۹، ۱۸/٦۸، ٤۳/٤۷ درصد از مساحت منطقه به‌ترتیب در کلاس‌های خطر پایدار، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است.

## منابع


1. Crosta, B. G. "Dating, triggering, modeling and hazard assessment of large landslides", Geomorphology, 103 (2009)1-4.

۲. مقتدر، ع.، بحرودی، ع.، شریفی، م. ع. و مهدویفر، م. ر.، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش استان لرستان با استفاده از منطق فازی، چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ۲۵ تا ۲۷ شهریور، دانشگاه ارومیه (۱۳۸۹).

۳. نوریزدیان، ع. ر. و ملکی‌راد، ز.، *بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش*، چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ۲۵ تا ۲۷ شهریور، دانشگاه ارومیه (۱۳۸۹).

4. Fatemi Aghda M., Ghiomian J., Eshgheli Farahani A., "Investigation Landslide hazard using Fuzzy logic (Case study: Roudbar area)", J. science Tehran university, 31(1) (2006) 43-64.


[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

5. Lee S., Ryu J. H., Lee M. J., Won J. S., "The Application of artificial neural networks to landslide susceptibility mapping at Janghong", Korea, Mathematical Geology, 38(2) (2006) 199-220.

6. Gomez H., Kavzoglu T., "Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin", Venezuela, Engineering Geology, 78(1-2) (2005) 11-27.

7. Caniani D., Pascale S,. Sdao F., Sole A., "Neutral networks and landslide susceptibility: a case study of the urban area of Potenza" Natural Hazards, 45 (2008) 55-72.

8. Yilmaz I., "Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from kat landslides (Tokat-Turkey)" Computers and Geosciences, 35 (2009) 1125-1138.

9. Pradhan B., Lee S., "Delineation of landslide hazard areas on penang island, Malaysia, by using frequency ratio, logistic regression, and Artificial neural network models", Environmental Earth Sciences 60 (5) (2010) 1037-1054.

۱۰. راکعی، ب.، خامه‌چیان، م.، عبدالملکی، پ.، گیاهچی، پ.، *کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش*، مجله علوم دانشگاه تهران، ۳۳ (۱) (۱۳۸٦) ۵۷-٦٤.

۱۱. سپهوند، ع.ر.، *پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در بخشی از حوزه آبخیز هراز*»، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس (۱۳۸۹).

12. Komac M., "A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia", Geomorphology, 74(1-4) (2006) 17-28.

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]

13. Chauhan S., Sharma M., Arora M. K., Gupta n.k., "Landslide susceptibility zonation through ratings deraived from Artificial neural network", International Jornal of Applied Earth observation and Geoinformation 12 (2010) 340-350.

۱٤. مرادی، م.، بازیار، م.ح.، محمدی، ض.، *پهنه‌بندی خطر زمین لغزش شهرستان دنا بر اساس سیستم GIS با استفاده از روش AHP*، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه سمنان (۱۳۹۰).

۱۵.پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، *گزارش مطالعات لرزه‌خیزی استان لرستان*، تهران (۱۳۸۸).

16. Gomez H., Kavzoglu T., Mather P., "Artificial neural networks in landslide hazard zonation in the Venezuelan Andes", Abstracts of 15th International Conference on Geomorphology, Geomorph. Uni. 22 (4) (2002) C-76.

17. Lee S., Sambath T., "Landslide susceptibility mapping in the Damrei Romel area, Cambodia using frequency ratio and logistic regression models", Environmental Geology 50 (6) (2006) 847-856.

18. Oh H. J., Pradhan B., "Application of a neuro-fuzzy model to landslide-susceptibility mapping for shallow landslide in a tropical hilly area", Computers & Geosciences, doi: 10.1016/j.cageo (2011) 2010.10.012.

۱۹. قربانی، م.ع.، فرسادی‌زاده، د.، جهانگیری، ح.، چابک‌پور، ج.، فتحی، پ.، *نرم‌افزارهای مهندسی آب*، انتشارات نورپردازان، (۱۳۸۸) ۲٦۱.

20. Ermini l., Catani F., Casagli N., "Artificial neural networks to landslide susceptibility assessment" Geomorphology, 66 (2005) 327-343.

21. Lee S., Ryu J. H., Lee M. J., Won J. S., "Use of an Artificial neural network for analysis of the susceptibility to landslide at Boun", Korea, Environmental Geology, 44 (2003) 820-833.

[ Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1390.5.2.5.2 ]