پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال نهم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۹
صص. ۱۸۵-۱۷۱

پهنه بندی پتانسیل خطر زمین لغزش با استفاده از مدل شبکه عصبی (مورد مطالعه: حوزه ی آبریزالموت رود استان قزوین)

معصومه رجبی* – استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز.
محمدحسین رضائی مقدم– استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز.
احمد تک زارع– دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۱۳ تائید نهایی: ۱۳۹۹/۰۷/۱۹

چکیده

یکی از مهمترین فرآیندهای حرکات دامنه ای زمین‌لغزش می باشد. زمین‌لغزش جابجایی حجم زیادی از توده های خاک ، سنگ ویا ترکیبی از آنها به طرف پایین شیب ، در اثر نیروی ثقل می باشد و علاوه بر تلفات جانی بسیار ، موجب زیان های اقتصادی فراوانی خواهد شد. چون پیش بینی زمان و محل دقیق وقوع زمین‌لغزشها مشکل می باشد شناسایی نقاط حساس و پهنه بندی این مناطق بر اساس پتانسیل خطر ناشی از زمین‌لغزش اهمیت فراوانی دارد.تهیه نقشه پهنه بندی زمین‌لغزش به شناسایی مناطق آسیب پذیر در برنامه ریزی های محیطی کمک فراوانی می نماید. حوضه ی آبریز الموت رود ، در شمال شرقی استان قزوین واقع شده است و به علت کوهستانی بودن ،اختلاف ارتفاع بسیار زیاد ، لیتولوژی و سازند های مختلف زمین شناسی ، استعداد بسیار زیادی در ایجاد حرکات دامنه ای ، خصوصا زمین‌لغزش را دارا می باشد. هدف از این پژوهش شناسایی عوامل موثر و پهنه بندی پتانسیل این خطر در حوضه ی آبریزالموت رود استان قزوین با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) می باشد. برای انجام این تحقیق ابتدا از طریق عکس های هوایی۱/۵۵۰۰۰و ۱/۴۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره سنتینل۲ زمین‌لغزشها شناسایی و با بازدید های میدانی وتصاویر گوگل ارث مختصات وصحت آنها بررسی ونقشه پراکنش زمین‌لغزشها تهیه شد و با توجه به موقعیت زمین‌لغزشها ، ۷ عامل موثر در وقوع آنها بررسی و به کمک GIS لایه های اطلاعاتی تهیه شد و در محیط متلب ساختار مناسب برای پهنه بندی زمین‌لغزشهای حوضه با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی با ساختار پرسپترون چند لایه نوشته شد. بر اساس نتایج حاصله از این مدل به ترتیب ۲۶/۸۴، ۳۱/۳۶، ۲۱/۳۲، ۱۶/۹۱و ۳/۴۹ درصد از مساحت منطقه در کلاس های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار دارند. همچنین ضریب کاپای ۷۲/ محاسبه شد که مورد قبول می باشد.

واژگان کلیدی: شبکه عصبی، پتانسیل خطر ، الموت رود ، قزوین، پرسپترون.

* نویسنده مسئول: E-mail: mrajabi@tabrizu.ac.ir

مقدمه

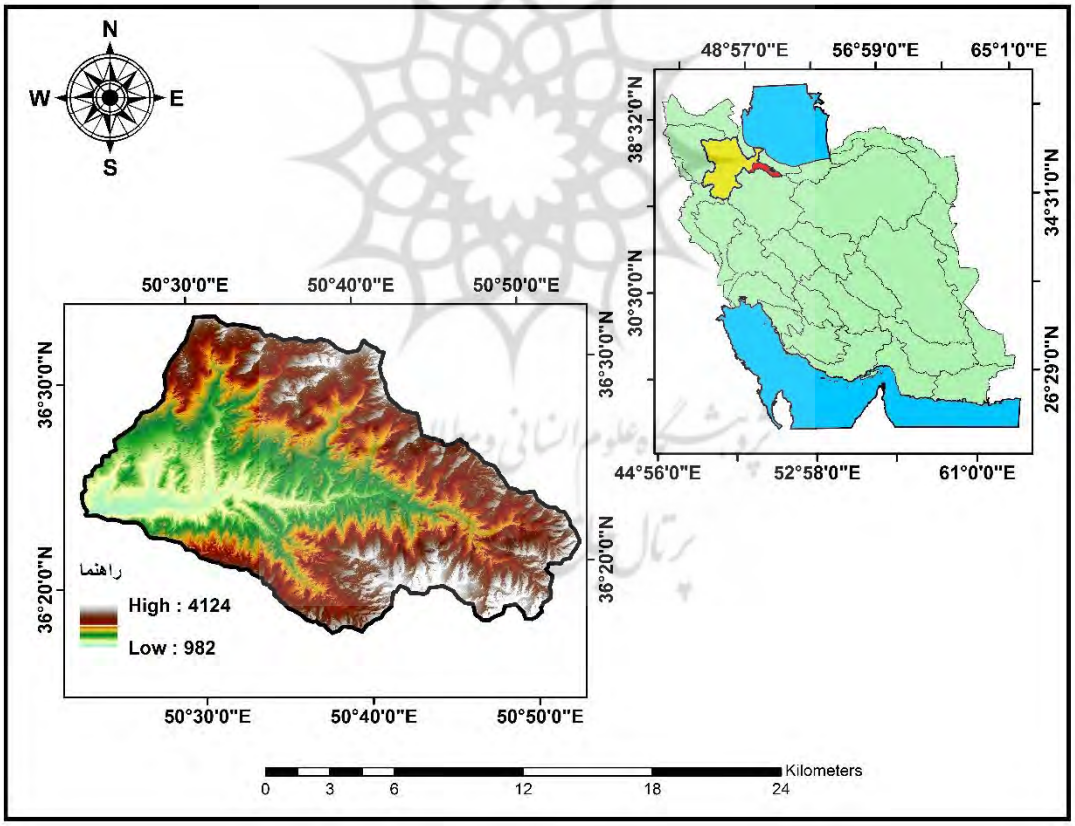
حرکات توده ای روی دامنه ها و خ صو صا زمین‌لغزش از جمله بلایای طبیعی ا ست که هر ساله باعث خ سارات جانی و مالی فراوانی در جهان می شـود . یکی از مهم ترین این حرکات زمین‌لغزش می باشـد. زمین‌لغزش شـامل حرکت تند یا کند مواد سـنگی ، خاکی یا مجموع هردو در روی دامنه به سـمت پایین تحت تاثیر نیروی ثقل اسـت(کروسـتا، ۲۰۰۹) . مناطق ناهموار به دلیل شیب زمین ، لیتولوژی ، بارش، تکتونیک و سایر عوامل از پتانسیل بیشتری در وقوع زمین‌لغزش برخوردارند. به دلیل اینکه پیش بینی زمان و محل دقیق وقوع زمین‌لغزشها مشکل می باشد شناسایی نقاط حساس و پهنه بندی این مناطق بر اساس پتانسیل خطر ناشی از زمین‌لغزش اهمیت فراوانی دارد . حوضه ی آبریز الموت رود در شمال شرق استان قزوین واقع شده است . با توجه به کوهستانی بودن حوضه ، اختلاف ارتفاع بسیار زیاد ، اقلیم، سازند های مختلف زمین شناسی و همچنین لیتولوژی بسیار متنوع ، استعداد بسیار زیادی در ایجاد حرکات دامنه ای وخصوصا زمین‌لغزش را دارا می باشـد. در این پژوهش پتانسـیل خطر زمین‌لغزش در حوضـه ی آبریز الموت رود با اسـتفاده از متد آماری شبکه عصبی مصنوعی پهنه بندی ومورد ارزیابی قرا گرفته است. این مطالعه برگرفته از اولین رساله ای است که در این حوضه تشابهات ، تفاوت ها و نتایج دو مدل در زمینه زمین لغزش های حوضه را بررسی کرده است. در ارتباط با پهنه بندی زمین‌لغزشـها وحرکات توده ای تا کنون مطالعات بسـیار زیادی در جهان صـورت گرفته اسـت . در ایران این مطالعات سابقه زیادی ندارد و در این زمینه می توان به موارد زیر اشاره کرد.

روسـتایی و احمدزاده (۱۳۹۱) به پهنه بندی مناطق متاثر از خطر زمین‌لغزش در جاده تبریز – مرند پرداختند . براسـاس نتایج این پژوهش سـاختار خاص زمین شـناسـی، شـرایط اقلیمی منطقه ، تراکم نهشـته های کواترنری به همراه عامل گرادیان شیب از عوامل اصلی بروز زمین‌لغزش در این منطقه می باشند. رجبی ، فیض الله پور (۱۳۹۲) در مطالعه ای به پهنه بندی زمین‌لغزشهای حوضه رودخانه گیوی چای با استفاده از مدل پرسپترون چند لایه از نوع پیش خور پس انتشار پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می دهد ارتفاعات شرقی کوههای بوغروداغ و آلاداغ در محدوده کوههای تالش به دلیل ساختار زمین شناسی ، قابلیت بالایی در ایجاد زمین‌لغزش دارند. فلاحی و دهقان (۱۳۹۴) با استفاده از GIS و متدهای منطق فازی و شبکه عصبی مصنوعی اقدام به تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش در حوضه رودخانه چالوس نمودند و برا ساس متد های فازی و شبکه عصبی نقشه حوضه را در ۴ کلاس خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط و کم پهنه بندی نمودند. رجبی وهمکاران(۱۳۹۵) در تحقیقی به ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه و شبکه عصبی مصنوعی در حوضه آذر شهرچای استان آذربایجان شرقی پرداختند. در این مطالعه ۹ فاکتور مورد بررسی قرارگرفتند بر اساس نتایج این پژوهش در ضریب آماری کاپا شبکه عصبی با ضریب ۷۴/ نسبت به فرآیند تحلیل شبکه با ضـریب ۷۲/ از دقت بیشـتری در پیش بینی زمین‌لغزش حوضـه برخوردار می باشـد. رضـایی مقدم وهمکاران (۱۳۹۶) در مطالعه ای به کاربرد مدل شبکه عصبی در پهنه بندی خطر زمین‌لغزشدر حوضه دوآب الشتر پرداختند و منطقه را از نظر پتانسـیل وقوع زمین‌لغزش به پنج کلاس خطر خیلی کم ، کم، متوسـط، زیاد و خیلی زیاد تقسـیم نمودند. اصـغری و بلواسـی(۱۳۹۷) در مطالعه ای به مقایسـه مدل شـبکه عصـبی با مدل منطق فازی در ارزیابی خطر زمین لغزش در حوزه آبریز سیمره چنار پرداختند وپس از تهیه لایه های اطلاعاتی و بهینه سازی ساختمان شبکه ،کل اطلاعات حوزه در اختیار شـبکه قرار گرفت. نتایج بدسـت آمده این تحقیق نشـان می دهد که مدل شـبکه عصـبی با ضـریب کاپای ۹۱/ مدل کارآمدتری نسبت به مدل منطق فازی در پهنه بندی نقشه خطر لغزش های سیمره چنار است . از میان عوامل تاثیر گذار شیب به عنوان مهمترین عامل و عوامل شنگ شناسی و خاک در مراتب بعدی قرار گرفتند. بابلی موخر و همکاران(۱۳۹۷) در پژوهشی به ارزیابی نقشه پهنه بندی حساسیت زمین لغزش با استفاده از روش تلفیقی فاکتور اطمینان و رگرسیون لجسـتیک با بکارگیری شـاخص های ژئومورفومتریک در حوزه آبخیز فهلیان پرداختند. در این مطالعه از ۲۰ عامل موثر مشتمل بر ۱۴ عامل مرسوم و۶ عامل ژئومورفومتریک به منظور ارزیابی میزان صحت نقشه پهنه بندی حساسیت زمین

لغزش استفاده شد. بر اساس نتایج حاصل از طبقه بندی نقشه ی پهنه بندی حساسیت نسبت به زمین لغزش با استفاده از عوامل ژئومورفومتریک، ۱۴/۷۸ در صد و ۱۷/۰۶در صد از منطقه مورد مطالعه به ترتیب در رده حساسیت زیاد وخیلی زیاد قرار گرفته است. روستایی و همکاران(۱۳۹۷) در پژوهشی به کاربرد منطق فازی در پهنه بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه ی آبخیز نازلو چای پرداختند و براساس نتایج حاصل از معادله QS نشان دادند که عملگر گامای ۷/ در مقایسه با دیگر عملگرهای فازی مناسب تر است اما با توجه به انطباق توده های زمین‌لغزشی با نقشه های گامای ۸/ و۹/ می توان از نتایج آنها برای برنامه ریزی های توسعه استفاده کرد. شاه زیدی و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه ای به پهنه بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از تلفیق دو مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و فازی در حوضه ی آبخیز کمه استان اصفهان پرداختند و ۹ متغیر تاثیر گذار در وقوع زمین‌لغزش های منطقه بررسی شدند. در ادامه پس از محاسبه نسبت فراوانی و عضویت فازی طبقات ، اپراتورهای مجموعه فازی به عنوان روش های همپوشانی رده بندی شده با مقادیر عضویت فازی مورد استفاده قرار گرفتند. سپس نقشه های خطر زمین‌لغزش منطقه تهیه شدند. بر اساس نتایج این پژوهش اپراتور فازی گامای ۸/ با ۶/۴۴ ، بالاترین مقدارQS را در میان سایر اپراتورهای فازی دارد. مکرم وشایگان(۱۳۹۷) در تحقیقی به ارزیابی خطر زمین‌لغزش و ارتباط آن با نوع لندفرم در محیط GISدر شرق شهر کرمان پرداختند و با استفاده از روش فازی و تعریف تابع عضویت، نقشه فازی برای هر یک از لایه های ورودی تهیه کردند. بر اساس نتایج این مطالعه بیشترین احتمال رخداد زمین‌لغزش در غرب، شمال و جنوب غرب منطقه مورد مطالعه می باشد.آرمین و همکاران(۱۳۹۷) در مطالعه ای به پهنه بندی زمین‌لغزش و برنامه مدیریتی کنترل خطر آن دراستان کهکلویه وبویر احمد با استفاده از مدل حائری- سمیعی پرداختند . بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه خطر وقوع زمین‌لغزش در استان در وضعیت فعلی بسیار ناچیز است. روستایی وهمکاران (۱۳۹۸)در تحقیقی به پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در حوزه آبخیز نهند چای در استان آذربایجان شرقی با استفاده از مدل ANP و تکنیک GIS پرداختند و پس از تهیه ۸ لایه اطلاعاتی و وزن دهی هریک از این لایه ها در نرم افزارSuper Decisions ، نقشه پهنه بندی حوزه را در ۵ طبقه تهیه نمودند. بر اساس نتایج این مطالعه بیش از ۴۰ درصد مساحت منطقه پتانسیل بالایی از نظر وقوع زمین لغزش دارا می باشد.ناصری وهمکاران(۱۳۹۹) در تحقیقی به پهنه بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون ، نرم افزار GIS و زبان برنامه نویسی پایتون در پایین دست سد سنندج پرداختند و نقشه نهایی زمین‌لغزش های منطقه را در ۵ کلاس تهیه نمودند. براساس نتایج این پژوهش مدل شبکه عصبی پرسپترون با دقت ۹۱/۴۹ انطباق مناسبی با شرایط جغرافیایی منطقه دارد. تیری و همکار (۲۰۰۶) با استفاده ازروش منطق فازی به ارزیابی مناطق مستعد زمین‌لغزش در دامنه های شمالی آلپ در فرانسه پرداختند و استفاده از روش منطق فازی را به علت دقت بالا و سنجش خروجی با عملگرهای منطق فازی مناسب معرفی و ترکیب عملگر sum و عملگر γ را برای تولید نقشه زمین‌لغزش به عنوان بهترین ترکیب معرفی می کنند.گارسیا و همکاران (۲۰۰۸) در مقاله ای به بررسی زمین‌لغزش های حاصل از زمین لرزه در السالوادور با استفاده ازرگرسیون لجستیک پرداخته اند. نتایج نشان می دهد که ناهمواری های زمین و نوع خاک فاکتور های کلیدی در این مدل بوده و این دو متغیر از سطح اهمیتی در حدود ۸۹,۴٪ برخوردار ند. کونفورتی و همکاران(۲۰۱۴) به تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش در حوضه ی آبریز توربولو(شمال کالابریا ایتالیا) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده حدود ۴۸٪ از مساحت منطقه در کلاس های خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفتند. والنسیا و مارتینز (۲۰۱۸) در پژوهشی به تجزیه وتحلیل حساسیت زمین‌لغزش در منطقه کاپیتانجو کلمبیا با استفاده از مدل شبکه عصبی پرداختند . بر اساس نتایج این مطالعه حساسیت متوسط تا بسیار زیاد به زمین‌لغزش برای حاشیه های دره رودخانه شیکاموچا وجود دارد. لی زو وهمکاران(۲۰۲۰) به مدل سازی پیش بینی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از سنجش از دور و الگوریتم تکرار آبشار موازی در شبکه عصبی در استان جیانگ شی چین پرداختند و نتیجه گرفتند که مدل تکرار آبشارموازی LSTM-GRF یک مدل یادگیری عمیق مبنتی بر داده های محور است.

منطقه مورد مطالعه

براساس نقشه های توپوگرافی حوضه ی آبریز الموت رود با مساحت ۷۲۳/۶ کیلومترمربع ، با مختصات ۵۰ درجه و۲۳دقیقه و۱۵ثانیه تا ۵۰ درجه و۵۲ دقیقه و۵۴ ثانیه طول شرقی و۳۶ درجه و۱۷ دقیقه و۱۲ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه و۱۷ ثانیه عرض شمالی در شمال شرقی استان قزوین در یک منطقه کوهستانی واقع شده است.(شکل ۱) این منطقه از شمال به حوضه ی آبریز دو هزار و سه هزار تنکابن مازندران ، از جنوب وشرق به حوضه ی آبریز طالقان رود و از غرب به حوضه شاهرود محدود می شود . حداکثر ارتفاع حوضه قله سیالان با ۴۱۲۵ متر و حداقل آن ۹۸۲ متر در انتهای حوضه و در محل اتصال الموت رود وطالقان رود، و در غرب روستای شیرکوه می باشد. بر پایه نقشه های زمین شناسی سازند کرج معروف ترین سازند پالئوژن می باشد که بیشترین پوشش را نسبت به سازند های دیگر در حوضه آبریز الموت رود دارد همچنین سازند قرمز بالایی شامل کنگلومرا و مارن و سیلت بخش های وسیعی از مرکز حوضه خصوصا در امتداد دره ناودیسی الموت رود را دربرگرفته اند. به علت کوهستانی بودن منطقه و اختلاف ارتفاع بسیار زیاد پارامترهای اقلیمی نوسان بسیار زیادی دارند. حداکثر بارش در ارتفاعات بلند نواحی شرقی با بیش از ۴۰۰ میلی متر می باشد. میانگین بارش معلم کلایه (مرکزبخش) درمدت ۱۶ سال ۳۹۶ میلی متر محاسبه شد و بر اساس روش کوپن تیپ آب وهوایی حوضه csa (مدیترانه ای) تعیین گردید(سالنامه هواشناسی).



شکل ۱ : نقشه ی موقعیت حوضه ی آبریز الموت رود در استان قزوین

مواد و روش‌ها

اطلاعات وداده های مورد نیاز این پژوهش از موارد ذیل تهیه شده است.

با استفاده از عکس های هوایی ۱/۴۰۰۰۰ و۱/۵۰۰۰۰ سازمان نقشه برداری و سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تصاویر ماهواره sentinel 2 ،زمین‌لغز شهای اتفاق افتاده ومناطق مستعد و مشکوک به زمین‌لغزش در منطقه شناسایی شدند.

بسیاری از زمین‌لغزش ها به دلیل ابعاد کم قابل تشخیص نیستند. بنابراین ازطریق بازدید های میدانی از حوضه ابعاد و مختصات دقیق 38 زمین‌لغزش به کمک GPS برداشت شدند و صحت انها نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. در جهت کنترل نهایی، در نرم افزار گوگل ارث موقعیت و مختصات هر یک از زمین‌لغزشها بررسی و همچنین ابعاد هر یک از آنها جهت تجزیه وتحلیل در متد مورد نظر محاسبه شدند. در ادامه مختصات نقاط زمین‌لغزشی وارد محیط نرم افزار ARC GIS 10.4 شدند و پایگاه اطلاعاتی از عوامل موثر در زمین‌لغزش تهیهٔ شد. در مطالعات پهنه بندی زمین‌لغزش در حوضه ها از مدل های مختلفی با توجه به شرایط استفاده می شود که در این پژوهش از مدل شبکه عصبی با ساختار پرسپترون چند لایه (MLP) استفاده شده است.

مدل شبکه عصبی: شبکه عصبی مصنوعی روشی عملی برای یادگیری توابع گوناگون نظیر توابع با مقادیر حقیقی، توابع با مقادیر گسسته و توابع با مقادیر برداری می باشد. شبکه عصبی در معنای کلی و عام آن، یک سازوکار محاسباتی می باشد که قادر است با گرفتن اطلاعات و محاسبه کردن آنها، یک سری اطلاعات جدید را ارائه بدهد(فرخزاد و همکاران ۲۰۱۱)

در این مدل از تحلیل های پیچیده ی آماری خودداری شده و بر اساس توابع غیرخطی به هر یک از عوامل مؤثر در زمین‌لغزش وزنی اختصاص داده شده است که مبتنی بر آموزش عوامل مؤثر در زمین‌لغزش بوده ، با تقسیم داده ها در طبقات آموزشی و آزمایشی و بهره گیری از توابع سیگموئید اقدام به پهنه بندی مناطق مستعد می نماید. در ساخت یک مدل بر مبنای شبکه عصبی ، اولین کار انتخاب نوع شبکه است. یکی از انواع شبکه ها پرسپترون (Perceptron) است. پرسپترون چند لایه شامل سه لایه ورودی، پنهان و خروجی می باشد و هریک از تعدادی واحد پرداز شگر به نام نرون تشکیل شده است. شبکه های پرسپترون چند لایه از الگوریتم های مختلفی مانندMLP با ضریب یادگیری ساده ، شبکه با ضریب یادگیری متغیر و شبکه با الگوریتم لونبرگ مارکوارتد (trainlm) استفاده می کنند. در این تحقیق جهت پردازش داده ها ، از ساختار پرسپترون چندلایه(MLP) با الگوریتم لونبرگ مارکواتد استفاده شده است که روشی برای یافتن کمینه یک تابع غیر خطی چند متغیره که به عنوان یک روش استاندارد برای حل مسئله کمینه مربعات برای توابع غیرخطی درآمده است . دو سری اطلاعات جهت تحلیل در سیستم شبکه عصبی مورد استفاده قرار می گیرد، اول نقشه زمین‌لغزش های موجود و دوم نقشه پهنه هایی که احتمال زمین‌لغزش در آنها بسیار پایین می باشد. اطلاعات این دو نقشه اولیه برای آموزش شبکه عصبی ضروری هستند. نرم افزار متلب به عنوان نرم افزار پایه برای استفاده در شبکه عصبی مصنوعی انتخاب و کدهای لازم جهت پردازش داده ها در این نرم افزار تهیه گردید. برای استفاده از مدل شبکه عصبی در پهنه بندی زمین‌لغزشهای حوضه الموت رود در نرم افزار متلب مراحل زیر به ترتیب انجام شده است.

۱-تهیه داده ها . ۲- نرمال کردن داده (۰ تا ۱) . ۳- مربع بندی منطقه به اضلاع ۱۰۰*۱۰۰ . ۴- آموزش شبکه عصبی(با استفاده از زمین‌لغزش های سابق و اینکه مناطق با شیب زیر ۵ درجه و مناطق درون آبراهه فاقد زمین‌لغزش هستند) . ۵- تبدیل داده ها به اکسل . ۶- ورود داده ها به شبکه و گرفتن خروجی.

داده ها پس از ورود به شبکه عصبی مصنوعی به صورت تصادفی بین ۰,۷- و ۰,۷ وزن دهی شدند و آنگاه در مرحله آموزش با استفاده از برنامه نوشته شده در نرم افزار متلب هر عامل دارای وزن جدیدی شد که از این وزن ها برای پیش بینی میزان خطر در دیگر پیکسل ها استفاده شد.

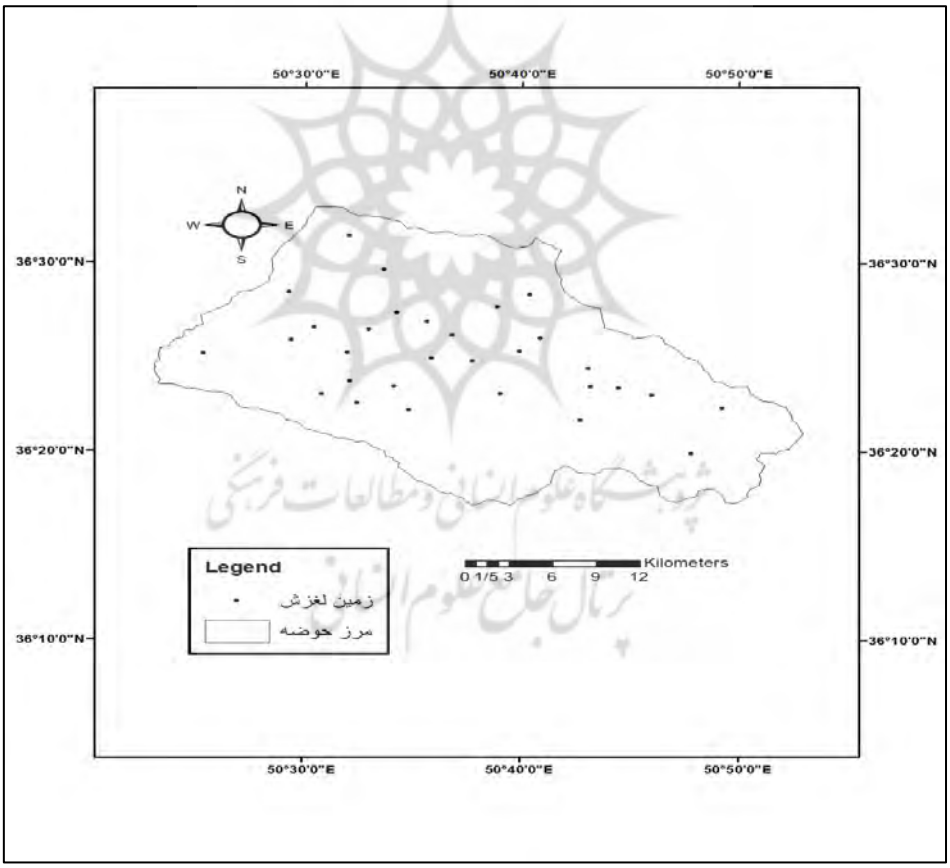
بحث ویافته ها

جهت تهیه نقشه های موضوعی در محیط نرم افزارGIS و تهیه نقشه پهنه بندی، تعداد ۷ فاکتور کنترل کننده بر اساس ارتباط نزدیک آن ها در وقوع زمین زمین‌لغزش در حوضه آبریز الموت رود انتخاب شدند که شامل طبقات ارتفاعی ،شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، بارش، فاصله از گسل، و لیتولوژی می باشند. بعد از انتخاب این فاکتورها،

هر فاکتور به چندین کلاس طبقه بندی شدند. برای تهیه لایه های مربوط به فاکتورهای مختلف و تهیه نقشه های موضوعی در محیطGIS از نقشه های توپوگرافی، نقشه های زمین شناسی و داده های بارش استفاده شد. نقشه های موضوعی شیب، جهت شیب و ارتفاع به طور مستقیم با فرمت رستری ازDEM ۱۰ متر منطقه به دست آمد و دیگرنقشه های موضوعی از قبیل نقشه فاصله از گسل، لیتولوژی، کاربری اراضی، با فرمت وکتوری تهیه و سپس به منظور تلفیق لایه ها به فرمت رستری تبدیل گردید و برای آنها تابع Edit/ASSIGN تعریف شد.

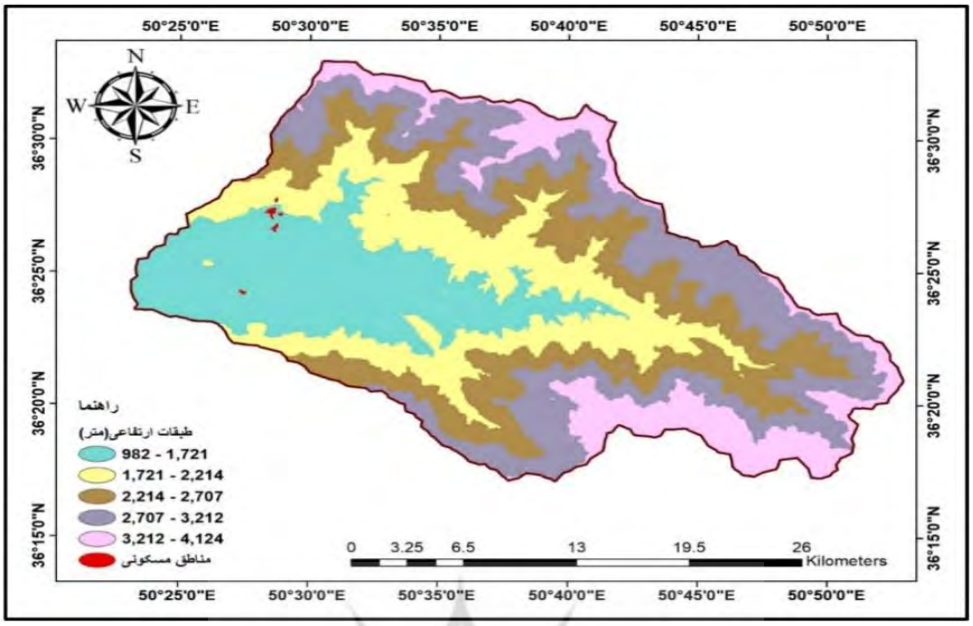
لایه های اطلاعاتی موثر در زمین‌لغزش

نقشه زمین‌لغزش های حوضه: نقشه زمین‌لغزش های رخ داده در یک حوضه دارای اهمیت فراوانی است زیرا به عنوان مبنا در تصمیمات بعدی مورد استفاده قرار می گیرد.تهیه نقشه پراکنش زمین‌لغزشهای حوضه به عنوان یکی از مهمترین مراحل مطالعاتی مطرح می باشد زیرا تجزیه تحلیل لایه های اطلاعاتی، جمع بندی و انجام پردازش های بعدی تاحد زیادی متاثر از این نقشه می باشد . پس از تعیین زمین لغزش های رخ داده در حوضه و صحت سنجی موقعیت ومختصات دقیق آنها ، در نرم افزار GIS رقومی شده و نقشه پراکندگی زمین‌لغزش ها تهیه شد(شکل۲).



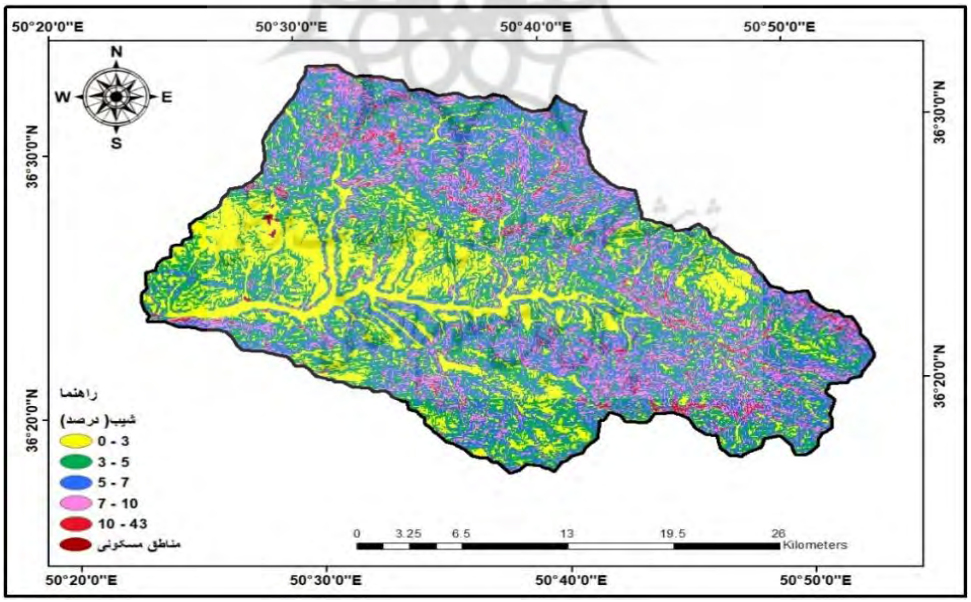
شکل ۲: موقعیت زمین‌لغزش های حوضه الموت رود

-**ارتفاع:** نقشه طبقات ارتفاعی از طبقه بندی DEM ۱۰ متر منطقه تهیه شد. منطقه مورد مطالعه از لحاظ ارتفاع به ۵ طبقه ارتفاعی طبقه بندی گردید (شکل ۳).



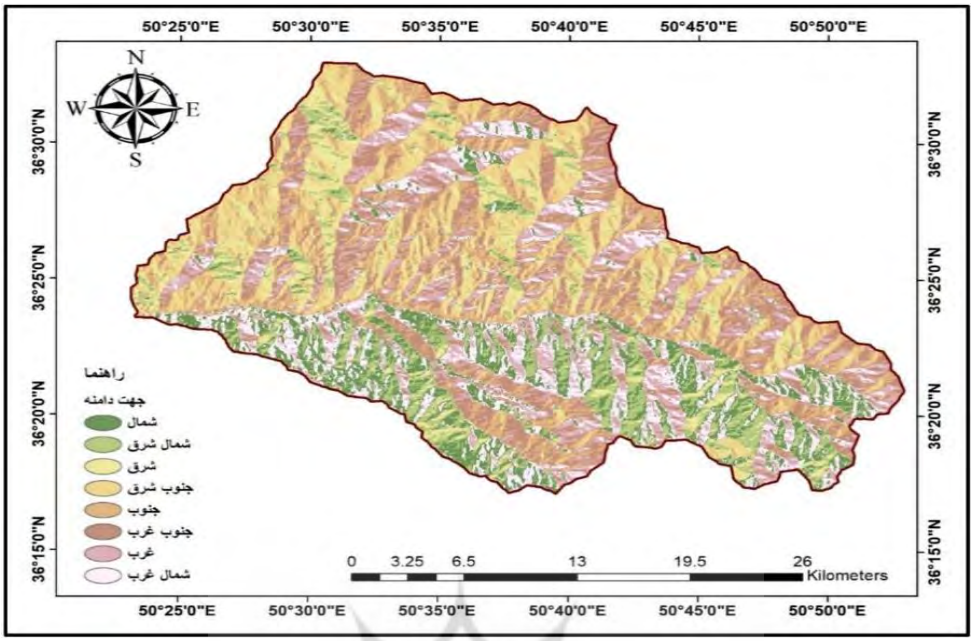
شکل ۳: نقشه طبقات ارتفاعی حوضه الموت رود

- **شیب** : از لحاظ تئوری با فر ض یک سان بودن سایر پارامترها در مناطقی که میزان شیب بی شتر با شد احتمال حدوث زمین‌لغزش نیز بالاتر ا ست. طبقه بندی های مختلفی برای کلا سهای شیب در پژوهش های و روش های مختلف آمده است. نقشه شیب منطقه براساس DEM ۱۰ متر و به ۵ کلاس با اختلاف از لحاظ شیب طبقه بندی گردید(شکل۴).



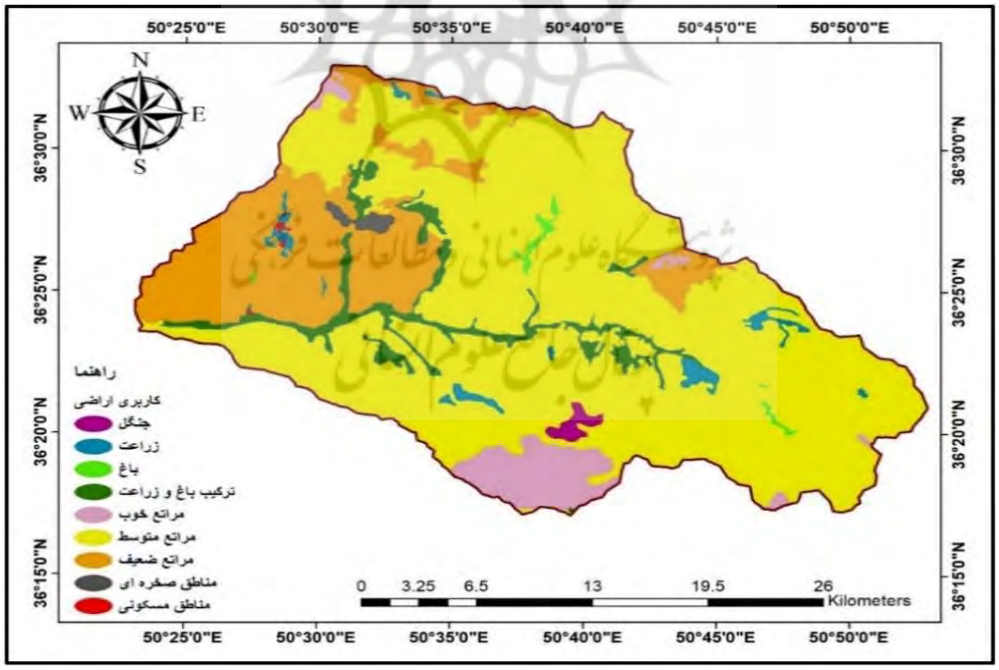
شکل ۴: نقشه شیب حوضه الموت رود

-**جهت شیب(دامنه):** در نیمکره شمالی, دامنه هایی که جهت شـیب آنهـا بـه سـمت جنـوب باشد، نور خورشید را در طول سال بیشتر دریافت می کنند و تبخیر در آنها بیشتر است. با توجه به اهمیت این موضوع در پدیده زمین‌لغزش نقشه منطقه برمبنای DEM حو ضه به ۸ گروه شمال، شمال غربی، غرب، جنوب غربی، جنوب، جنوب شرقی، شرق، شمال شرقی و مناطق مسطح تقسیم شد(شکل۵).



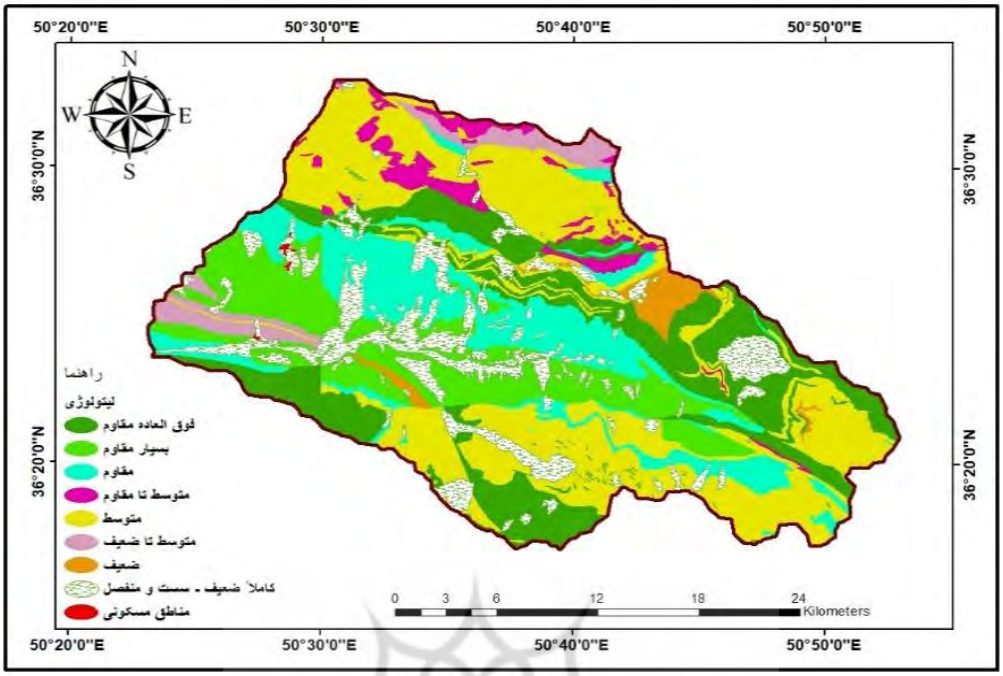
شکل ۵: نقشه جهت شیب حوضه

-**کاربری اراضی:** با توجه به پوشش گیاهی و نوع کاربری زمین های این ناحیه، منطقه به ۹ ناحیه تقسیم گردید کـــه مبنـای آن مطالعـاتی است کـه در سـازمان جنگل ها و منابع طبیعی انجام گردید. برمبنای جداول استخراجی باغات و اراضی زیر کشت تنها ۴/۵۸ و در مقابل مراتع متوسط ۶۹/۰۶ درصد از مساحت کل حوضه را شامل می شوند(شکل۶).



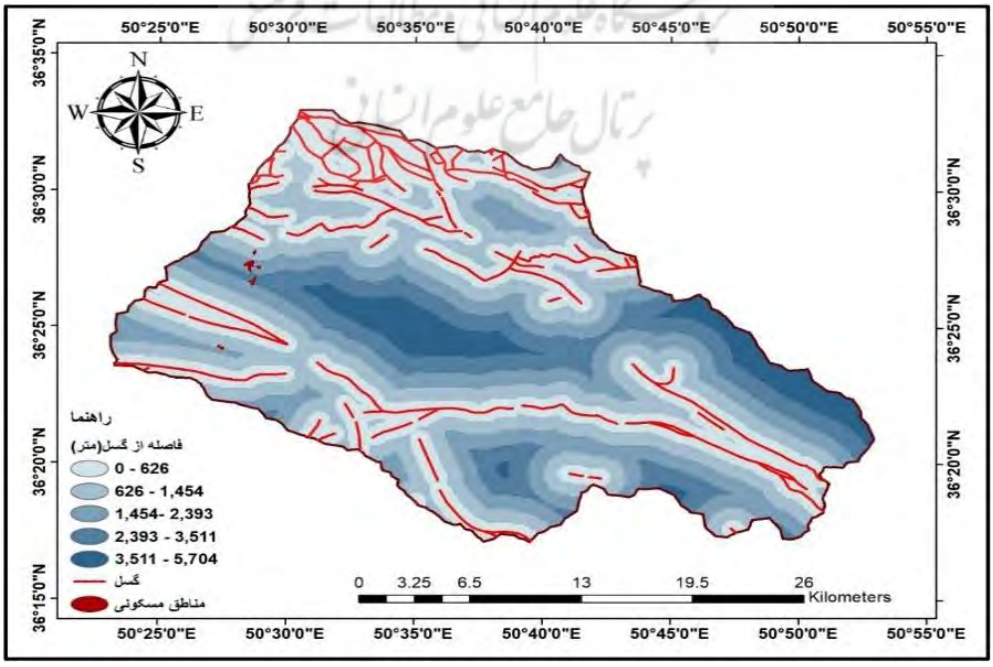
شکل۶: نقشه کاربری اراضی حوضه

-**لیتولوژی:** جنس ســـنگ نقش مؤثری در پایداری دامنه دارد. ناحیه مورد مطالعه دارای لیتولوژی متنوعی اســـت و این عامل کـه شاید بتوان آنرا به نوعی مهمترین عامل برشمرد، تاثیر بسزایی در پهنـه بندی دارد. بیشتر این تاثیر در مناطقی اسـت کـه سـازندها و رسـوبات حاوی سنگهای مارنی و رسی می باشند که در اثر جـذب آب و رطوبـت در کانی های رسی، علاوه بر افزایش وزن، انبساط حجم نیز پیدا کـــرده و موجب اکثر زمین‌لغزش ها می شوند. نقشه لیتولوژی حوضه بر اساس نقشه های زمین شناسی تهیه و در محیط نرم افزار ARC GIS رقومی گردید(شکل۷).



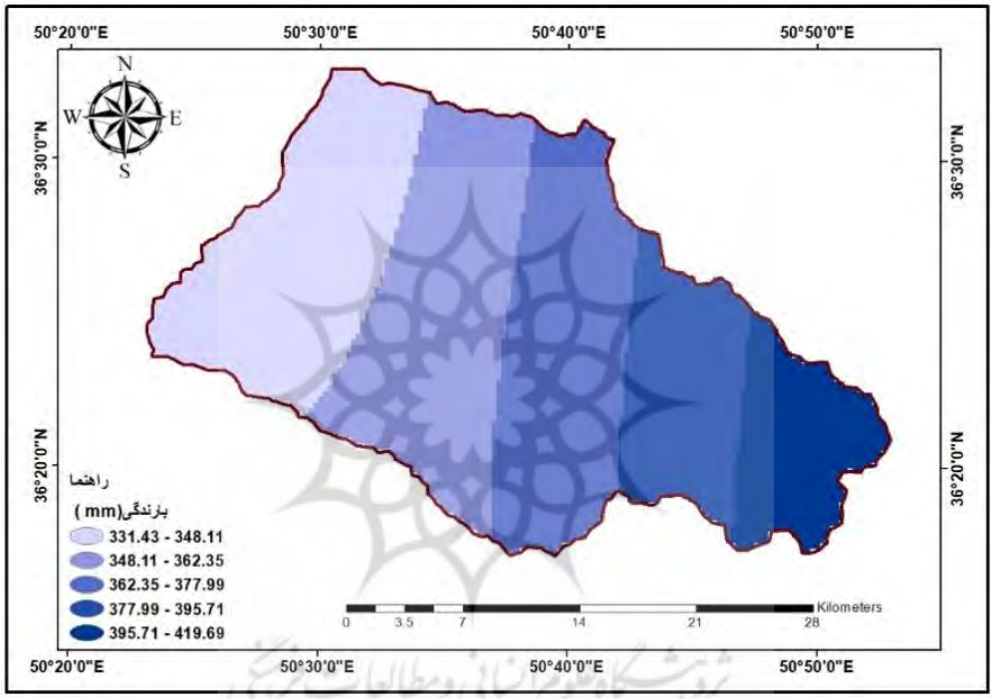
شکل ۷: نقشه لیتولوژی حوضه الموت رود

-**فاصله از گسل:** خرد شدگی و برشی شدن در مناطق گسلی، نفوذ آب از این مناطق به داخل دامنه ها، بروز ناپیوستگی در اطراف گسل ها و اختلاف فرسایش در دامنه ها از جمله اثراتی است که می توان به آنها اشاره کرد. حرکت گسل می تواند به نوعی شروع زمین‌لغزش در دامنه باشد. بروز تعداد زیادی زمینلغزش بعد از زلزله، می تواند موید نقش آن در بروز زمین‌لغزش باشد. در حقیقت حرکت گسلها موجب رسیدن به حد آستانه حرکت در دامنه ها می شود. در این تحقیق لایه گسل که در ابتدا به صورت لایه وکتوری بوده به لایه رستر تبدیل شده سپس تابع Distance برای آن اجرا گردید و نقشه فاصله از گسل (بافر گسل) تهیه و به ۵ زیر گروه با فواصل متغیر دسته بندی گردید (شکل۸). برای این عامل نقش دوگانه می توان متصور شد که در بعضی مواقع اثرات متفاوتی را بجای می گذارد .



شکل ۸: نقشه فاصله از گسل

-بارش: بارندگی به سبب بالابردن سطح ایستابی آبهای زیرزمینی که این افزایش به نوبه خود موجب افزایش فشار استاتیکی و فشار آب حفرهای در مصالح دامنه ها می شود، نقش بسزایی در زمین‌لغزش ایفا می کند. با استفاده از آمار بارندگی سالانه موجود در حو ضه و ای ستگاههای مجاور نظیر قزوین، طالقان، کوهین ، دیلمان، سیردان ، جیرنده و رازمیان طی یک دوره ۲۰ ساله اخیر ، نق شه همباران حو ضه با ا ستفاده از روش درون یابی کریجینگ در نرم افزارGIS تهیه شد(شکل۹). در این روش فرض بر این ا ست که تغییرات مکانی بارش در یک گ ستره، از توزیع ت صادفی برخوردار بوده ، حاوی سه مولفه همبستگی مکانی ، روند وخطای ت صادفی ا ست. در این روش برای هریک از ایستگاه های درون وبیرون یک پهنه بر ح سب فا صله و موقعیت آن وزن آماری م شخ صی درنظر گرفته می شود به گونه ای که واریانس کمینه شود (Isaaks and Srinivasta,1989:125).



شکل ۹: نقشه طبقات بارشی حوضه الموت رود

پس از تهیه لایه های اطلاعاتی وزن هر کلاس بر ا ساس در صد تراکم زمین‌لغزش ها در هرکلاس معین گردید ، سپس مقادیر وزن ها به ترتیب به لایه های ر ستری و کلاس های هر یک از لایه ها اخت صاص داده شد . در صد تراکم زمین‌لغزش ها از ن سبت م ساحت آنها در هرکلاس به م ساحت کل زمین‌لغزش ها در محیط نرم افزار GIS و با د ستور زونال بدست آمد (جدول۱).

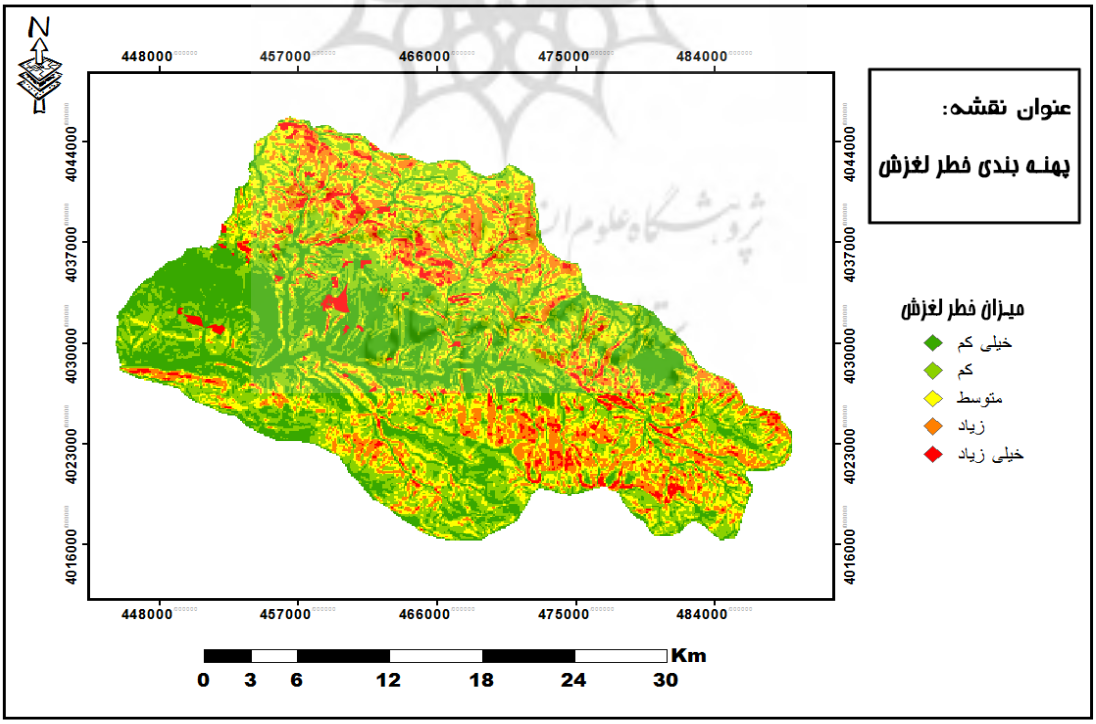
برای آموزش و آزمایش شبکه از اطلاعات ۸۶۰ پیکسل در کل منطقه استفاده گردید. از این تعداد ۶۷۴ پیکسل برای آموزش و ۱۸۴ پیکسل برای آزمایش شبکه بکار رفته است. پاسخ های خروجی شبکه عصبی مصنوعی در مرحله آزمایش، ن شان می دهد که شبکه ایجاد شده قادر ا ست از میان ۳۸ پیکسل زمین‌لغز شی، ۳۶ مورد را به در ستی گزارش دهد که ن شان دهنده ح سا سیت ت شخیص معادل ۹۱٪ می با شد. همچنین از میان ۱۵۰ پیکسل غیر زمین‌لغز شی، شبکه قادر به ت شخیص ۱۴۳ مورد از نمونه های آزمای شی گردید که باز هم دقتی در حدود ۹۱٪ بد ست آورد. بنابراین در مجموع دقت کل برابر با ۹۱٪ محاسبه گردید. تعداد تکرار از ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ تغییر داده شد که با تعداد تکرار ۱۰۰۰۰کم ترین مقدار خطا محاسبه گردید. تعداد نرون های لایه پنهان بین ۳ تا ۳۵ تغییر داده شدند و با ۱۱ نرون در لایه پنهان کم ترین مقدار خطا حاصل شد. ساختار نهایی شبکه با ۷ نرون ورودی، ۱۱ نرون در لایه پنهان، و ۱ نرون در لایه خروجی مناسب ت شخیص داده شد و بر ا ساس این ساختار پهنه بندی نهایی صورت گرفت. پس از م شخص کردن ساختار ا صلی شبکه

عصـبی و فراهم آوردن اطلاعات مورد نیاز برای آموزش شـبکه عصـبی طراحی شـده، هم چنین رسـیدن به خطای قابل قبول، شبکه آماده پردازش اطلاعات شد. بنابراین با استفاده از وزن های مرحله پایانی مربوط به آموزش شبکه کل منطقه در اختیار شبکه قرار داده شد. خروجی بین مقادیر ۰ و ۱ بدست آمد. بر اساس همپوشانی نقشه های موضوعی، نقشه پهنه بندی حوضه موردمطالعه با استفاده از وزن های به دست آمده مختلف تهیه گردید(شکل۱۰). پیشینه مطالعات در زمینه پهنه بندی زمین‌لغزش در حوضه های مختلف نشان دهنده استفاده از پنج کلاس مختلف در طبقه بندی نقشه های نهایی است همچنین به نظر می رسد افزایش تعداد کلاس های خطر ، سبب دقت بیشتر می شود. . در این تحقیق لایه های اطلاعاتی در پنج کلاس مختلف تفکیک و بر اساس مقادیر موجود در GIS محاسبه و استخراج گردیدند(جدول۱).

جدول ۱: لایه های اطلاعاتی، مساحت و نسبت طبقات حوضه الموت رود

لایه های اطلاعاتی	طبقات	مساحت هر طبقه		مساحت زمین‌لغزش در هرطبقه	
		کیلومترمربع	درصد	کیلومترمربع	درصد
ارتفاع (متر)	۹۸۲–۱۷۲۰	۱۵۴/۶۶	۲۱/۳۹	۷۵	۱۷/۲۴
	۱۷۲۰–۲۲۱۰	۱۴۸/۸۱	۲۰/۵۸	۱۵۲	۳۴/۹۴
	۲۲۱۰–۲۷۱۰	۱۵۸/۶۶	۲۱/۹۴	۲۰۷	۴۷/۵۸
	۲۷۱۰–۳۲۱۰	۱۷۳/۳۹	۲۳/۹۸	۱	۰/۲۲
	۳۲۱۰–۴۱۲۴	۸۷/۳۲	۱۲/۰۷	۰	۰
شیب (درصد)	۰–۳	۱۲۶/۳۵	۱۷/۴۸	۱۰۲	۲۳/۴۴
	۳–۵	۱۷۹/۳۵	۲۴/۸۱	۱۹۷	۴۵/۲۸
	۵–۷	۱۹۱/۷۲	۲۶/۵۲	۴۳	۹/۸۸
	۷–۱۰	۱۵۶/۶۶	۲۱/۶۷	۸۵	۱۹/۵۴
	۱۰–۴۳	۶۸/۶۹	۹/۵۰	۸	۱/۸۳
جهت شیب	شمال	۸۰/۵۶	۱۱/۱۴	۲۵	۵/۷۴
	شمال شرق	۷۰/۱۹	۹/۷۱	۹۶	۲۲/۰۶
	شرق	۷۸/۲۰	۱۰/۸۱	۳۷	۸/۵۰
	جنوب شرق	۹۷/۱۰	۱۳/۴۳	۷۷	۱۷/۷۰
	جنوب	۱۰۴/۷۵	۱۴/۴۹	۷۶	۱۷/۴۷
	جنوب غرب	۱۰۶/۴۰	۱۴/۷۲	۵۹	۱۳/۵۶
	غرب	۹۱/۸۴	۱۲/۶۵	۶۲	۱۴/۲۵
	شمال غرب	۹۲/۹۹	۱۲/۸۶	۳	۰/۶۸
کاربری اراضی	جنگل	۳/۶۳	۰/۵۰	۰	۰
	زراعت	۱۰/۸۶	۱/۵۰	۰	۰
	باغ	۳/۰۹	۰/۴۲	۲۹	۶/۶۶
	ترکیب باغ و زراعت	۳۳/۱۷	۴/۵۸	۲۰	۴/۵۹
	مراتع خوب	۳۴/۳۰	۴/۷۳	۰	۰
	مراتع متوسط	۵۰۰	۶۹/۰۶	۸۹	۲۰/۴۵
	مراتع ضعیف	۱۳۵/۲۱	۱۸/۶۷	۲۹۷	۶۸/۲۷
	مناطق بایر	۳/۳۷	۰/۴۶	۰	۰
	۴۳/۱۱–۳۳۱/۳۴۸	۱۸۰/۵۴	۲۴/۹۹	۸۶	۱۹/۷۷

بارش (mm)	۱۱/۳۵–۳۴۸/۳۶۲	۱۸۸/۷۴	۲۶/۱۳	۱۶۹	۳۸/۸۵
	۳۵/۹۹–۳۶۲/۳۷۷	۱۰۱/۳۸	۱۴/۰۳	۸۹	۲۰/۴۵
	۹۹/۷۱–۳۷۷/۳۹۵	۱۶۹/۱۸	۲۳/۴۲	۷۸	۱۷/۹۳
	۷۱/۶۹–۳۹۵/۴۱۹	۸۲/۳۲	۱۱/۳۹	۱۳	۲/۹۸
فاصله از گسل (m)	۰–۶۲۶	۲۸۴/۵۰	۳۷/۵۰	۱۳۴	۳۰/۸۰
	۶۲۶–۱۴۵۴	۱۹۳/۶۲	۲۵/۵۲	۱۱۶	۲۶/۶۶
	۱۴۵۴–۲۳۹۳	۱۳۸/۵۹	۱۸/۲۷	۹۱	۲۰/۹۱
	۲۳۹۳–۳۵۱۱	۹۲/۱۰	۱۲/۱۴	۵۹	۱۳/۵۶
	۳۵۱۱–۵۷۰۴	۴۹/۷۰	۶/۵۵	۳۵	۸/۰۴
لیتولوژی	فوق العاده مقاوم	۱۳۹/۴۳	۱۹/۲۸	۶۷	۱۵/۴۰
	بسیار مقاوم	۱۰۱/۰۷	۱۳/۹۸	۱۰۶	۲۴/۳۶
	مقاوم	۱۰۶/۵۵	۱۴/۷۴	۹۸	۲۲/۵۲
	متوسط تا مقاوم	۲۶/۰۷	۳/۶۰	۱۵	۳/۴۴
	متوسط	۲۲۳/۲۷	۳۰/۸۸	۵۸	۱۳/۳۳
	متوسط تا ضعیف	۲۶/۱۶	۳/۶۱	۱۵	۳/۴۴
	ضعیف	۱۴/۴۵	۱/۹۹	۰	۰
	کاملاً ضعیف – سست و منفصل	۸۵/۶۴	۱۱/۸۴	۷۶	۱۷/۴۷



شکل ۱۰ : نقشه پهنه بندی خطر زمین‌لغزش حوضه الموت رود در مدل شبکه عصبی

ارزیابی دقت مدل

جهت ارزیابی مدل های مختلف معمولا از شاخص های متفاوتی استفاده می شود . از دو شاخص ضریب کاپا و شاخص SCAI دراین تحقیق استفاده شده است.

ضریب کاپا: یکی از ضـرایب مهم در ارزیابی نتایج شـبکه عصـبی ضـریب کاپا می باشـد. بدین منظور از ماتریس زیر استفاده شده است

	دارای زمین لغزش	عدم زمین لغزش
دارای زمین لغزش	۶	۱
عدم زمین لغزش	۰	۲

ضریب کاپا مورد نظر از رابطه مقابل محاسبه شد $K = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$ که در آن

P_0 = **توافق نامه مشاهده شده** p_e = ***توافق پیش بینی شده***

پس از محاسبه، ضریب کاپا ۷۲ / بدست آمد که مورد قبول ارزیابی می گردد.

شاخص[1] SCAI: یکی از شاخص های ارزیابی نقشه نهایی شاخص SCAI می باشد . این شاخص نسبت درصد مساحت هر یک از کلاس های پهنه بندی خطر به درصـــد زمین‌لغزش های اتفاق افتاده در هر کلاس اســـت.در روش SCAI دقت به صورت کیفی بیان می گردد که ن شان از صحت و در ستی نق شه پهنه بندی با توجه به شاخص می با شد. در شاخص فوق با پیشروی از کلاس خطر کم به سمت زیاد و خیلی زیاد مقدار شاخص باید کاهش یابد. ارزیابی میزان دقت در جدول (۲) نشان می دهد که با پیش رفتن به سمت کلاس های بالاتر میزان شاخص کاهش می یابد.

جدول ۲: ارزیابی نقشه خطر زمین‌لغزش حوضه الموت رود با استفاده از شاخص SCAI

ردیف	کلاس های خطر	درصد مساحت	درصد زمین زمین‌لغزش	شاخص SCAI
۱	خیلی کم	۲۶/۸۴	۲۳/۳۳	۱/۵۰۴۴
۲	کم	۳۱/۳۶	۲۶/۶۶	۱/۲۱
۳	متوسط	۲۱/۳۲	۱۶/۶۶	۱/۲۷
۴	زیاد	۱۶/۹۱	۲۰/۳	۰/۸۳۳
۵	خیلی زیاد	۳/۴۹	۱۳/۳۳	۰/۲۶۱
۶	جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	

جدول۳: مساحت و درصد پهنه های زمین‌لغزشی حوضه الموت رود در متد شبکه عصبی

ردیف	کلاس های خطر	مساحت (کیلومترمربع)	درصد مساحت
۱	خیلی کم	۱۹۴/۲۲	۲۶/۸۴
۲	کم	۲۳۴/۱۵	۳۱/۳۶
۳	متوسط	۱۵۴/۲۷	۲۱/۳۲
۴	زیاد	۱۲۲/۳۳	۱۶/۹۱
۵	خیلی زیاد	۲۵,۲۷	۳/۴۹

[1] -The seed cell area index(scai)

نتیجه گیری

بر اساس نتایج حاصله ۲۰/۴ درصد حوضه در کلاس خطر زیاد و خیلی زیاد و ۵۹/۲۰ درصد در کلاس خیلی کم و کم قرار دارند (جدول ۳). از نظر پراکندگی بیشتر زمین‌لغزش های حوضه در بخش شمالی و شرقی حوضه و عمدتا در سنگ های پالئوژن سازند کرج قرار دارند. همچنین در سنگ های نئوژن سازند های قرمز بالایی و هزار دره کمترین تعداد زمین‌لغزش ها دیده می شوند. بر اساس مقادیر بدست آمده از جدول (۱) به ترتیب ارتفاع ۲۲۱۰ تا ۲۷۱۰ با ۴۷/۵۸ درصد ، شیب ۳ تا۵ درصد با ۴۵/۲۸ درصد، شیب های شمال شرقی با ۲۲/۰۶ درصد ، مراتع ضعیف با ۶۸/۲۷ درصد در کاربری اراضی ، طبقه بارشی ۳۴۸ تا ۳۶۲ میلی متر با ۳۸/۸۵ درصد ، فاصله ۰تا۶۲۶ متر ازگسل با ۳۰/۸۰ درصد و در عامل لیتولوژی سازندهای بسیار مقاوم با ۲۴/۳۶ درصد بیشترین سهم در ایجاد زمینلغز شهای حوضه الموت رود را دارند. مناطق غربی و بخش های انتهایی حوضه خصوصا در اطراف خط القعر اصلی کمترین تعداد زمین‌لغزشها به لحاظ فراوانی را دارا می باشند این بخش ها از نظر زمین شناسی منطبق بر تراس های آبرفتی اطراف الموت رود و تشکیلات نئوژن سنوزوئیک می باشد. بدلیل پتانسیل بالای خطر در روستاها و مناطق شرقی حوضه، نظیر دینه رود ، گرمارود ، اوانک و نرمه لات هر گونه دستکاری از سوی انسان در این نواحی ضریب خطر را افزایش خواهد داد. حفاظت از پوشش گیاهی به عنوان یک عامل مهم در تعادل دامنه ها در کل حوضه و خصوصا نیمه شرقی و شمالی در کاهش ریسک خطر پیشنهاد می شود.

منابع

- آرمین ، محسن. مصفایی، جمال. قربان نیا خیبری، وجیهه. خیری، افسانه(۱۳۹۷) . پهنه بندی زمین‌لغزش و برنامه مدیریتی کنترل خطر آن در ا ستان کهکلویه و بویر احمد با ا ستفاده از مدل حائری- سمیعی. مجله پژوهش های ژئومورفولوزی کمی، سال هفتم، شماره ۴، صص۱۹۶-۱۷۶
- اصغری سرا سکانرود، صیاد. بلوا سی، ایمانعلی(۱۳۹۷). مقایسه شبکه عصبی مصنوعی با مدل منطق فازی در ارزیابی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی حو ضه ابریز سیمره چنار). ، مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، دوره ۷، شماره ۲، شماره پیاپی ۲۶، صص ۱۸۲-۱۵۸
- بابلی موخر، حمید. شیرانی ، کوروش . تقیان، علی رضا(۱۳۹۷). ارزیابی نقشه پهنه بندی حساسیت زمین لغزش با استفاده از روش تلفیقی فاکتور اطمینان و رگرسیون لجستیک با بکارگیری شاخص های ژئومورفومتریک. مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، دوره ۷ ، شماره۳، شماره پیاپی۲۷، صص ۱۱۶-۹۱
- دهقان منشادی، اسماعیل . فلاحی ، غلامرضا .(۱۳۹۴) : کاربرد منطق فازی و الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی در تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش در رودخانه چالوس - نشریه مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی ، شماره ۲
- رجبی، معصومه. خلیل ولی زاده ،کامران. حسن، عابدی قشلاقی(۱۳۹۵) . ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه و شبکه عصبی مصنوعی(مطالعه موردی : حو ضه آذر چای).مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی ، سال پنجم، شماره۱، صص ۷۴-۶۰
- ر جبی ،معصومه . فیض الله پور،مهدی . (۱۳۹۲) : پهنه بندی زمین‌لغز شهای حو ضه رودخانه گیوی چای با ا ستفاده از مدل پرسپترون چندلایه انوع پیش خور پس انتشار (Bp) ؛ جغرافیا و توسعه، شماره پیاپی ۳۶، صص ۱۸۰- ۱۶۱.
- روستایی ، شهرام . احمد زاده، حسن.(۱۳۹۱) : پهنه بندی مناطق متاثر از خطر زمین‌لغزش در جاده تبریز – مرند با استفاده از سنجش از دور و GIS - پژوهش های ژئومورفولوژی کمی ، شماره ۱ تابستان ۱۳۹۱ صص ۵۸-۴۷
- رو ستایی، شهرام. حجازی،ا سدالله. رجبی،معصومه. جلالی،نادر. نجفی ایگدیر،احمد (۱۳۹۷) .کاربرد منطق فازی در پهنه بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه ی آبخیز نازلوچای . مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال ششم، شماره ۴، صص ۱۱۹-۱۰۳
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح – عکس های هوایی با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰

- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح – نقشه های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ شیت های – معلم کلایه I ۶۰۶۲ – لاکتراشان I I ۶۱۶۳ I – هیر I I ۶۰۶۳ – گازرخان v I۶۱۶۲ – شهرستانک I ۶۱۶۲
- معزز،سـمیه. روسـتایی، شـهرام. رحیم پور، توحید (۱۳۹۸). پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در حوضـه آبریز نهندچای با استفاده از مدلANP و تکنیکGIS. مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، دوره۸، شماره۲، شماره پیاپی۳۰، صص ۳۷-۲۳
- مختاری ا صل ، ابوالف ضل. رنجبریان شادباد، مریم (۱۳۹۵). ارزیابی وپهنه بندی احتمال خطر زمین‌لغزش درحو ضه ی آبریز بایجیلو با مدلAHP . مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال چهارم، شماره ۴، صص۱۳۳-۱۱۹
- مکرم، مر ضیه. شایگان ، مهران (۱۳۹۷). ارزیابی خطر زمین‌لغزش و ارتباط آن با نوع لندفرم در محیط GIS. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال ششم ، شماره ۴ ،صص ۳۱-۱۷
- نادری، فتح الله (۱۳۹۱) : کاربرد منطق فازی در پهنه بندی خطر زمین‌لغزش در حوضـــه ی آبخیز چرداول ایلام – پژوهش های جغرافیایی ، شماره ی ۱ (پیاپی۹۴) بهار ۱۳۹۱ صص ۸۵- ۷۴
- ناصـری عدنان، حجازی اسـداله، رضـایی مقدم محمد حسـین(۱۳۹۹). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با اسـتفاده از مدل شـبکه عصـبی مصـنوعی در پایین دسـت سـد سـنندج. فصـل‌نامه علمی- پژوهشـی پژوهش‌های فرسـایش محیطی. سـال۱۰، شماره۱،صص۱۹ -۱
- نوجوان، محمدرضـا . شـاه زیدی، سـمیه سـادات. داودی، محمود. امین رعایا، هاجر(۱۳۹۸). پهنه بندی خطرزمین‌لغزش با ا ستفاده از تلفیق دومدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و فازی(مطالعه موردی حو ضه ی آبخیز کمه ، ا ستان ا صفهان). مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، دوره ۷، شماره ۴ ، شماره پیاپی ۲۸، صص ۱۵۹-۱۴۲.

- *llll l,, ... eall (()))))))llll nntrry t. tt of the Qvvvin nnd hhhht Qgggggggges m:::: 0000.. . .. .. ggiaal rrryy ff Innn*
- *. fff rrt. M, sss ... e ,, Rttttt tt li G. oooo o. 4444. llll aatinn of.. r. dictinn aaiiii .i.y of tee rr tifiii ll eeaaal ttt wokks fo. miiii gg l.. lll iee sss eept.ii lity in t.. . ubbll o .ii ver ttt mmmttt (Nrrt... Cll bbii, , I.al)) C Gat1111 l:: 266-000*
- *Grrci,, M . j rrrrr reeez , Mll piaa , .. a , nnnito , ,, Dizz , M .. ()))))) , sss eett ibility sss ssnnnnt ff rrr taaaaee tii eeerdd lddddl iee in ll lll aarrr uii ng lggistic rggrssii on , Gooooooooo999 999 9999111*
- *uuuuuun rrrr ss Valccci& &Ottiz Mi.. .. Mrrtinzz- G..... ..... A neural network model applied to landslide susceptibility analysis (Capitanejo, Colombia),. Gttttt tcrrrrrrr rl Hrrrr dr rikk. Vll mm u1 1 1 1666-. 888*
- *.. uuu, Liaaaaaa Hgggg, yyyyu nnn , ii ggggg g nnng, mmmigg Hgggg, ii wwu Cnnn, hhhe ggggggddd Yoooo Wggg(())))))) Landslide Susceptibility Prediction Modeling Based on Remote Sensing and a Novel Deep Learning Algorithm of a Cascade-Parallel Recurrent Neural Network. eerrrr ((llll l;; ((( )) : 6666*
- *Rmmsstt , MHHSS Szzz yydi, 111 1111ppplictt ioo of Gemmllllll lll ig ggggaaal, Ntt innll ,*
- *mmmmmmm dddrrr i222 2attttt iUUUUUeessity ff Isfhhrr rr rss.*
- *eeeeryyy ,, hhilippMMMM&&aaaair,, O.. 6666 –Tett ff fuzzy lggic uulss frr lddd llide sss eett iii lity assssnnnnt cfff ernnee soooo ocruuuuuu6 6666*
- *Viii dii .. MHH ll sseeihh. AAA. iii mmmmmddi . A.. Hsss eiali. F..... . GIS-aaeed rrrr ff uzzy preeedrre frr itt rrr atigg llll llll add ttt a in ladd l de sss eett ibility miiii gg tttttt tt & Gsss ii nnees (ttt ill n nnlinf f isst aaai.all)) 4 44444*