

مدل سازی عرصه های حسّاس به وقوع زمین لغزش و شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع آن با استفاده از مدل آنتروپی شانون (مطالعه موردی: حوضه آبخیز بار نیشابور)

مریم خسرویان^۱

دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

علیرضا انتظاری

استادیار گروه ژئومورفولوژی و اقلیم شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

مختار کرمی

استادیار گروه ژئومورفولوژی و اقلیم شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

مجید ابراهیمی

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

چکیده

تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش، پیش زمینه‌ای در شناخت عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش، رخداد آن، مدیریت خطر و روش‌های پیشگیری از خطر و ریسک است. هدف از تحقیق حاضر اولویت بندی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش و پهنه بندی حساسیت آن در حوضه بار با استفاده از شاخص آنتروپی شانون است. برای نیل به این هدف ۱۲ عامل تاثیرگذار بر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه مورد توجه قرار گرفت و نقشه‌های مربوط به عوامل مذکور در GIS تهیه گردید. اولویت بندی عوامل مؤثر با بهره گیری از شاخص آنتروپی شانون لایه‌هایی را که بیشترین نقش را در وقوع زمین لغزش داشتند مشخص کرد. در نهایت نقشه پهنه بندی حساسیت زمین لغزش با استفاده از شاخص آنتروپی شانون تهیه گردید و با منحنی ROC مورد ارزیابی قرار گرفت و دقت مدل در حد خیلی خوب (۸۱/۲۴ درصد) با انحراف استاندارد ۰/۰۳۸۹ به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: مدل سازی، زمین لغزش، پهنه بندی، آنتروپی شانون، حوضه بار نیشابور

مقدمه

حرکت‌های توده‌ای^۲ عبارت است از جابجائی حجم زیادی از توده‌های خاک، سنگ و یا ترکیبی از آنها به طرف پائین شیب در اثر نیروی ثقل می‌باشد (مقیمى و همکاران، ۱۳۶۸). این پدیده زمانی رخ می‌دهد که نیروی حاصل از وزن مواد، بیش از نیروی مقاومت ناشی از نیروی برشی خاک باشد (معماریان و همکاران، ۱۳۸۵). زمین لغزش یکی از مهم‌ترین خطرات و بلایای طبیعی است که هر ساله منجر به خسارات مالی و جانی فراوانی در سراسر جهان می‌گردد. طبق مطالعات انجام شده، زمین لغزش به تنهایی ۱۷ درصد از بلایای طبیعی جهان را به خود اختصاص داده (Koehorst et al, 2005) و روند مذکور همچنان بخاطر افزایش شهرنشینی بدون برنامه‌ریزی شده، جنگل زدائی، تغییر کاربری اراضی و تغییر شرایط اقلیمی در حال توسعه است (Bednarik et al, 2010 & Pourghasemi et al, 2012). این پدیده در میان بلایاهای طبیعی در زمره پرخطرترین و زیانبارترین آنها قرار گرفته که همگام با دستکاری بشر در سیستم‌های طبیعی شتاب فزاینده‌ای یافته است (شادفر و همکاران، ۱۳۸۶). زمین لغزش‌ها در ایران نیز به عنوان یکی از شایعترین مخاطرات طبیعی محسوب شده و سالانه خسارات جانی و مالی فراوانی به کشور وارد ساخته و هزینه فراوانی برای بازسازی مناطق آسیب دیده بر بودجه کشور تحمیل می‌کند (زارع و همکاران، ۱۳۹۰). براساس آمار اولیه بانک اطلاعاتی، زمین لغزش‌های کشور که توسط وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۳) منتشر شد، خسارت ناشی از ۲۵۴۸ زمین لغزش بالغ بر ۱۰۷ نفر کشته و ۳۸۶ میلیارد ریال برآورد گردید (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۶). ضرورت بررسی و شناخت حرکات توده‌ای دامنه به دلیل خسارات فراوانی که هم به لحاظ مالی و هم به لحاظ جانی به جوامع انسانی وارد می‌آورند، اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۳). زمین لغزش شامل حرکت تند یا کند مواد سنگی، خاکی یا مجموع هر دو در روی دامنه به سمت پایین تحت تاثیر نیروی جاذبه می‌باشد (کروستا^۳، ۲۰۰۹) که در آن سرعت حرکت مواد در همه نقاط از بالا تا پایین یکسان است (احمدی، ۱۳۸۵). در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش سطح زمین به نواحی مجزایی از درجات مختلف خطر تقسیم می‌شود (پرادهان و همکاران^۴، ۲۰۱۳). شناسائی و بخش‌بندی نواحی مستعد لغزش و پهنه‌بندی خطر آن، گامی مهم در ارزیابی خطرات محیطی به شمار رفته و نقش انکار نکردنی در مدیریت حوضه آبخیز ایفا می‌کند (Sakar, 1995). تهیه نقشه وقوع خطر زمین لغزش، ابزاری اساسی برای فعالیت‌های مدیریت بحران در نواحی کوهستانی است (Dahal, 2008). پهنه‌بندی خطر به روش‌های گوناگونی انجام می‌گیرد، از جمله آنها مدل آنتروپی است که برای نخستین بار توسط (Willson, 1967 & 1970) ارائه شد و سپس این مدل توسط (Senior, 1979) مورد تجدید نظر و اصلاح قرار گرفت روش آنتروپی که در ایران و جهان در موضوعات مختلف علوم ریاضی، اقتصاد و کامپیوتر استفاده شده، در علم ژئومورفولوژی تا کنون کمتر مورد استفاده قرار گرفته است. آنتروپی یک مفهوم عمده در علوم فیزیک، علوم اجتماعی و تئوری اطلاعات است، به گونه‌ای که نشان‌دهنده مقدار عدم اطمینان (درجه توزیع نامتعادل پدیده‌ها) موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است (مقیمى و همکاران، ۱۳۹۱).

2. Mass movement

3. crosta

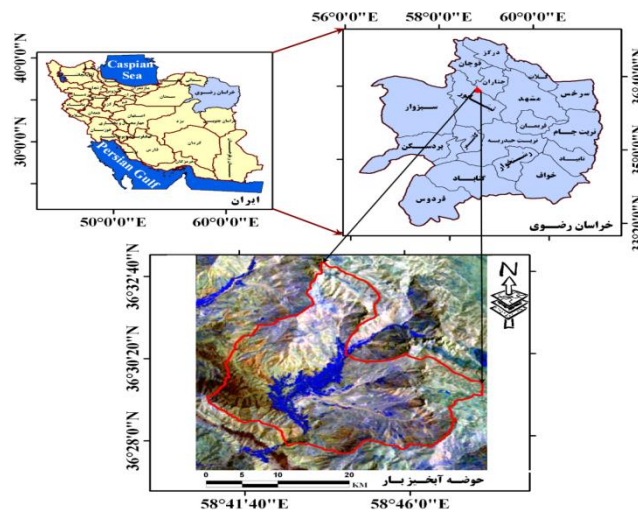
4. Pradhan

شاخص آنتروپی میزان بی‌نظمی را در محیط نشان می‌دهد (مقیم و نگهبان، ۱۳۹۱). بطور کلی پارامترهای بسیاری در وقوع زمین‌لغزش نقش دارند و همین موضوع، پیچیدگی مسئله را برای تعیین دقیق نقاط وقوع آن سخت‌تر می‌نماید. این پارامترها بطور کلی شامل دو گروه درونی و بیرونی است. مطالعات نشان داده که وقوع زمین‌لغزش به هر دو دسته عوامل بستگی دارد، که از این میان پارامترهای بیرونی وابسته به زمان‌اند و بررسی آنها به اطلاعات کامل از توزیع زمانی و مکانی نیاز دارد. به همین دلیل در ارزیابی امکان وقوع زمین‌لغزش و در نهایت تهیه نقشه ریسک آن تنها از پارامترهای درونی استفاده می‌شود. امروزه با توجه به پیشرفت چشمگیر علم، سیستم‌های اطلاعات مکانی، به‌عنوان یکی از ابزارهای قوی برای تلفیق داده‌های مکانی و تولید نتایج دقیق به‌کار می‌روند، به‌طوری که از این علم علاوه بر پژوهش‌های جغرافیایی، در بسیاری از مطالعات مکانی علوم پزشکی، انسانی و ... نیز بهره گرفته‌اند. در زمینه وقوع زمین‌لغزش نیز، با توجه به تأثیر پارامترهای متنوع در وقوع ای پدیده و نیاز به تولید نقشه‌های توزیع مکانی هر یک از این پارامترها و تلفیق آنها با یکدیگر، استفاده از علم سیستم‌های اطلاعات مکانی به‌عنوان ابزاری قوی برای پردازش‌های مکانی، اجتناب‌ناپذیر است.

مطالعات مختلفی با استفاده از تئوری آنتروپی شانون در بحث زمین‌لغزش صورت گرفته که عبارتند از: شرما و همکاران (2010) به منظور بررسی پارامترهای مؤثر بر وقوع لغزش، و میزان آسیب پذیری آن در Sikkim کشور هندوستان از آنتروپی شانون استفاده کردند. عوامل مؤثر در این تحقیق عبارتند از: درصد ضیب، کاربری اراضی، عمق خاک، بافت خاک، هدایت الکتریکی خاک و فرسایش. نتایج بررسی عوامل با استفاده از شاخص آنتروپی نشان داد که عوامل شیب (۲/۰۸۵)، کاربری اراضی (۱/۳۷۱) و بافت خاک (۱/۲۸۷) بیشترین وزن و بالطبع بیشترین تأثیر را بر وقوع زمین‌لغزش منطقه داشته است. بدناریک و همکاران (۲۰۱۰) به‌منظور ارزیابی حساسیت زمین‌لغزش شهرستان‌های Kralovany, Mikulas, Liptovsky کشور اسلواکی از آنالیز آماری دو متغیره و شاخص آنتروپی استفاده کردند. در این تحقیق عوامل لیتولوژی، ارتفاع، درجه شیب، جهت شیب و ویژگی‌های چشم‌انداز به‌عنوان عوامل مؤثر انتخاب و با استفاده از آنتروپی وزن‌دهی گردیدند. نتایج نشان داد که لیتولوژی، ویژگی‌های چشم‌انداز، ارتفاع، درجه شیب و جهت شیب به ترتیب بیشترین وزن را به خود اختصاص داده و سپس نقشه حساسیت زمین‌لغزش برای منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. نتایج ارزیابی با استفاده از منحنی ROC بیانگر دقت خوب مدل (۷۰ درصد) است.

معصومی و کراچیان (۱۳۸۷)، در پژوهشی به بررسی بهینه‌سازی مکانیابی ایستگاه‌های پایش کیفی منابع آب زیرزمینی با استفاده از تئوری آنتروپی پرداخته‌اند و یک روش جدید پیشنهاد داده‌اند که در روش پیشنهادی، یک منحنی که نشان دهنده شاخص انتقال اطلاعات بر حسب منحنی T-D برای تمامی ایستگاه‌ها است، برای هر متغیر کیفی محاسبه و ترسیم می‌شود. قاسمی و همکاران (۲۰۱۲)، به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از شاخص آنتروپی و مدل احتمال شرطی در حوضه صفارود ایران پرداختند. در مرحله اول اقدام به مطالعات میدانی و شناسایی لغزش‌های منطقه با استفاده از عکس‌های هوایی کرده‌اند و با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی منطقه و ۱۲ متغیر مؤثر در وقوع لغزش از جمله: شیب، جهت شیب، ارتفاع، لیتولوژی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، شاخص رطوبت، شاخص شدت جریان، طول نیمرخ، کاربری زمین و انحنای زمین را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که مدل آنتروپی قابلیت بیشتری نسبت به مدل احتمال شرطی دارد و می‌تواند

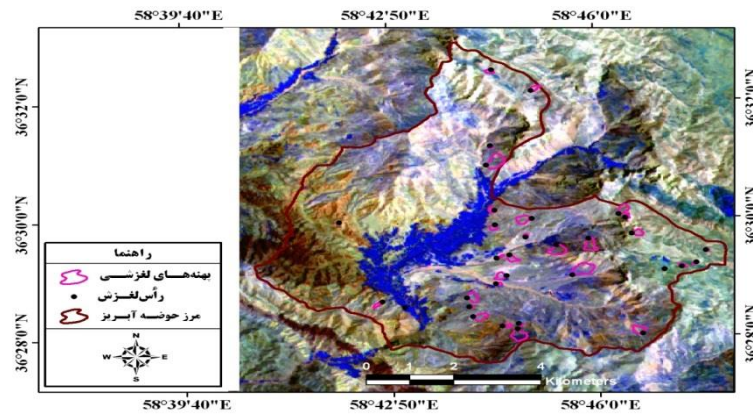
در برنامه ریزی استفاده از زمین در حوضه صفارود مفید باشد. حوزه آبخیز بار نیشابور، در حوزه آبریز اصلی کویر مرکزی (حوزه های ششگانه استان خراسان) واقع شده است. منطقه مورد مطالعه یکی از زیرحوضه های شمالی حوزه آبریز رودخانه بار است که در شمال شهرستان نیشابور قرار دارد. حد آبخیز حوزه بار از شمال شرق، شرق و جنوب به ارتفاعات ستیغ ساز سازند آهکی لار، از غرب به شیل های ژوراسیک و از شمال غرب به مارن های سازند دلیچای محدود می شود (شکل ۱). از نظر موقعیت جغرافیایی، زیر حوزه آبخیز بار در محدوده ۴۴° و ۴۰° و ۵۸° تا ۴۴° و ۴۶° و ۵۸° طول شرقی و ۳۲° و ۲۷° و ۳۶° تا ۳۳° و ۳۶° عرض شمالی قرار دارد و در دامنه های جنوبی ارتفاعات بینالود واقع شده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش بررسی

در این پژوهش به منظور بررسی عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه ها و ایجاد زمین لغزش های حوزه آبخیز بار نیشابور نقشه پراکنش زمین لغزش های این حوضه تهیه و در مرحله بعد با قرار دادن این نقشه بر روی عواملی که می توانند در بروز زمین لغزش ها مؤثر باشند، از طریق مدل های مختلف آماری به بررسی عوامل وقوع زمین لغزش پرداخته شد. جهت تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش های در کل منطقه پیمایش زمینی صورت گرفت و موقعیت و تعداد نقاط لغزش با استفاده از GPS ثبت شد. در منطقه مورد مطالعه ۳۲ لغزش ثبت شد که ۱۵ لغزش برای پهنه بندی آزمایش (آموزش مدل) و ۱۷ لغزش برای ارزیابی و آزمون مدل آنتروپی شانون استفاده گردید. سپس این نقاط به نرم افزار ArcGIS9.3 منتقل و نقشه پراکنش زمین لغزش منطقه تهیه شد (شکل ۲).



شکل ۲: پراکنش زمین لغزش‌های منطقه مورد مطالعه

لایه‌های اطلاعاتی شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، بارندگی، سنگ‌شناسی، فاصله از گسل، کاربری اراضی، شاخص قدرت رودخانه (SPI)، شاخص رطوبت (CTI) به‌عنوان عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش شناسایی و نقشه‌های مذکور در محیط سامانه اطلاعات مکانی رقومی گردیدند. به این منظور با استفاده از نقشه توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه مدل رقومی ارتفاع (Digital Elevation Model) تهیه و عوامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، بارندگی، سنگ‌شناسی، فاصله از گسل، کاربری اراضی، شاخص قدرت رودخانه (SPI)، شاخص رطوبت (CTI) از آن استخراج گردید. نقشه شیب منطقه مورد مطالعه از طریق نقشه ۱:۲۵۰۰۰ توپوگرافی و رقومی سازی آن در نرم افزار ArcGIS9.3 انجام گردید. جهت شیب از این جنبه مورد توجه در مطالعات زمین لغزش می باشد که نقش تعیین کننده‌ای در میزان بارندگی و رطوبت، نور خورشید و رژیم باد بازی می کند که این موارد نقش تعیین کننده‌ای در ایجاد لغزش دارد. برای تهیه نقشه ارتفاع منطقه از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و تهیه نقشه DEM با اندازه پیکسل ۱۰*۱۰ متر استفاده شد. نقشه حریم فاصله از رودخانه نیز از روی نقشه توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ توپوگرافی و در محیط نرم افزار ArcGIS9.3 رقومی و به منظور تجزیه و تحلیل خطر زمین لغزش مورد استفاده قرار گرفت. نقشه حریم فاصله از جاده نیز از روی نقشه توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ توپوگرافی و در محیط نرم افزار ArcGIS9.3 رقومی و به منظور تجزیه و تحلیل خطر زمین لغزش مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین تغییرات بارندگی متوسط سالانه نسبت به ارتفاع در منطقه مورد مطالعه، مقادیر متوسط سالانه بارندگی و ارتفاع ۱۱ ایستگاه باران سنجی مورد استفاده قرار گرفت و رابطه همبستگی ارتفاع و بارندگی در سطح معنی داری ۰/۰۰۱ به دست آمد. سپس با استفاده از معادله گرادیان بارندگی سالیانه خطوط هم‌باران در محیط (GIS) با اختلاف ۵۰ میلی‌متر ترسیم گردید. نقشه سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ از سازمان نقشه برداری ایران در نرم افزار ArcGIS9.3 رقومی و خصوصیات سنگ-شناسی استخراج گردید. در این پژوهش فاصله از گسل (بافر گسل) تهیه و به ۶ کلاس با فواصل ۳۰۰ متر طبقه‌بندی گردید. این تقسیم‌بندی به وسیله گومز (۲۰۰۵) به کار برده شده است (گومز، ۲۰۰۵: ۱۷۵). کاربری اراضی و پوشش گیاهی نقشه مهمی در پایداری دامنه داشته و چندین تحقیق تاکید بر نقش مهم آن در بررسی خطر زمین لغزش داشته اند (جیکوب، ۲۰۰۰، آنبالگان، ۱۹۹۲). شاخص قدرت رودخانه (SPI) نسبت بین مساحت بالادست یک نقطه و شیب زمین در بالادست آن را به گونه‌ای نشان می‌دهد که نیمرخ عرضی و نیمرخ طولی آبراهه را منعکس می‌کند (وان، ۲۰۰۲؛ رگمی و

⁵ Jakob

⁶ Anbalagan

همکاران، ۲۰۱۰). از سوی دیگر مناطق دارای تجمع رسوب را نشان می‌دهد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۱). شاخص مذکور از طریق توابع موجود در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و با داشتن نقشه خطای انباشتگی^۷ با توجه به رابطه‌ی (۹) محاسبه گردید (شکل ۱۵).

رابطه‌ی (۱)

$$SPI = A_s \cdot \tan \beta$$

که در آن؛ A_s : مساحت حوضه آبخیز، β : گرادیان شیب بر حسب درجه می‌باشد. شاخص رطوبت (CTI) شاخص ترکیب پستی و بلندی بوده که نسبت بین شیب‌ها را در حوضه به نمایش می‌گذارد، و به شاخص خیزی^۸ (WI) نیز معروف است. شاخص رطوبتی، شاخصی از توزیع مکانی رطوبت خاک در طول چشم انداز زمین است که به وسیله رابطه‌ی شماره‌ی ۸ قابل محاسبه می‌باشد (مور و همکاران، ۱۹۹۳؛ نفیسی اغلو و همکاران^۹، ۲۰۰۸؛ یلماز^{۱۰}، ۲۰۰۹؛ پودیال و همکاران^{۱۱}، ۲۰۱۰؛ رگمی و همکاران، ۲۰۱۰). شکل (۱۲) نقشه شاخص رطوبتی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

رابطه (۲)

$$CTI = \ln \left(\frac{A_s}{\tan \beta} \right)$$

که در آن؛ A_s : مساحت حوضه آبخیز، β : گرادیان شیب بر حسب درجه می‌باشد. محاسبه شکل شیب (مشتق دوم سطح) این است که آیا بخش مشخصی از یک سطح محدب یا مقعر است. تحدب و تقعر یک سطح با استفاده از فواصل بین خطوط توپوگرافی متوالی در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تعیین می‌شود. به‌طور کلی انحنای زمین بین مقادیر مثبت (محدب) و منفی (مقعر) در نوسان است (ملکی و همکاران، ۱۳۹۱: ۳۲). جهت تولید شکل شیب از مدل ارتفاع رقومی (DEM) با اندازه سلول ۱۰ متر استفاده شده است و شکل شیب منطقه مورد مطالعه در ۲ طبقه محدب (انحنای شیب افقی زمین)، مقعر (انحنای شیب عمودی زمین) ترسیم گردید.

شاخص آنتروپی شانون

آنتروپی، یکی از رویکردهای مدیریتی است که به‌منظور برخورد با بی‌نظمی، بی‌ثباتی، اغتشاش و عدم یقین‌های موجود در یک سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد (Yufeng & Fengxiant, 2009). تئوری مذکور اولین بار توسط استفان بولتزمن (اصل دم پویا یا ترمودینامیک) مطرح و نهایتاً توسط شانون (۱۹۴۸) به صورت کمی ارائه شد (Shannon, 1948). آنتروپی در حقیقت بیانگر آن است که چگونه از بین عوامل مؤثر یک هدف، می‌توان مهم‌ترین عوامل را تخمین زد یا به عبارتی متغیرهایی که بیشترین تاثیر را در رخداد یک واقعه دارند برای ما مشخص مینماید. از آنجائی که در پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش، بسته به شرایط منطقه معمولاً فاکتورهای مختلفی تاثیرگذار بوده و همچنین در تعیین میزان خطر با استفاده از مدل‌های آماری دو متغیره و احتمالاتی نظیر بیزین (Bayesian)، تمامی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش وزن یکسانی دارند لذا چنانچه یکی از عوامل تاثیر بیشتری داشته میزان اثر آن نادیده گرفته می‌شود (Ramakrishna et

7. Accumulation sin

8. Topographic Withness Index

9. Nefeslioglu et al

10. Yilmaz

11. Poudyal et al

(al,2005). بنابراین تئوری مذکور می‌تواند بعنوان یک رویکرد مدیریتی تاثیر بسزائی در شناسائی عوامل مؤثر و میزان تاثیرگذاری آنها داشته باشد (Sharma et al,2010) بطور کلی به منظور اولویت بندی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش و تهیه نقشه حساسیت پذیری آن با استفاده از روش مذکور از رابطه های ۲ تا ۶ استفاده گردید (Bednarik et al,2010,Constantin et al2011.Pourghasemi et al2012)

$$(P_{ij}) = \frac{P_{ij}}{\sum_{j=1}^{S_j} P_{ij}} \quad (2)$$

$$H_j = - \sum_{i=1}^{S_j} (P_{ij}) \log_2(P_{ij}), j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$H_{jmax} = \log_2 S_j, S_j - \text{number of classes} \quad (4)$$

$$I_j = \frac{H_{jmax} - H_j}{H_{jmax}}, I = (0,1), j = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$W_j = I_j P_{ij} \quad (6)$$

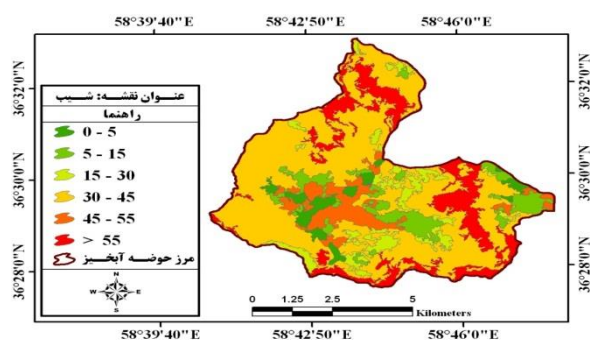
که در آن: P_{ij} : تراکم لغزش هر طبقه، (P_{ij}) : احتمال تراکم لغزش هر عامل و کلاس های مرتبط با آن، H_j و H_{jmax} : مقادیر آنتروپی و ماکزیموم آنتروپی، I_j : ضریب اطلاعات و W_j : وزن نهائی هر عامل. بعد از تعیین وزن نهائی هر عامل و ضرب آن در کلاس های عامل مذکور یعنی مقدارهای P_{ij} مربوط به هر عامل و کلاس های آن، نقشه های وزنی با هم جمع شده و نقشه نهائی حساسیت زمین لغزش به دست می آید. طبقه هایی که حساسیت بیشاری دارند، وزن بیشتری به خود اختصاص می دهند.

تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش

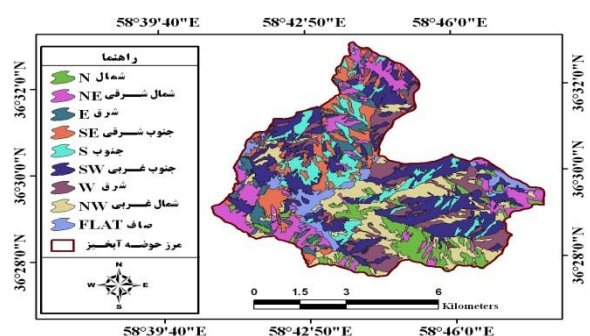
به منظور پهنه بندی حساسیت زمین لغزش از ۱۲ فاکتور استفاده گردید. بدین صورت که بعد از تعیین وزن نهائی هر عامل و ضرب آن در کلاس های عامل مذکور، نقشه های وزنی با هم جمع شده و نقشه نهائی حساسیت زمین لغزش (شکل ۳) به دست آمد. تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش، پیش زمینه ای در شناخت عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش، رخداد آن، مدیریت خطر و روشهای پیشگیری از خطر و ریسک است. هدف از تحقیق حاضر اولویت بندی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش و پهنه بندی حساسیت آن درحوضه بار با استفاده از شاخص آنتروپی شانون است. پس از تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش ها، لایه های اطلاعاتی، درجه شیب، جهت شیب، شکل شیب، طبقه ارتفاعی، لیتولوژی، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، شاخص توان آبراهه، شاخص رطوبت و میزان بارش به عنوان عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه انتخاب گردیدند.

نتایج و بحث

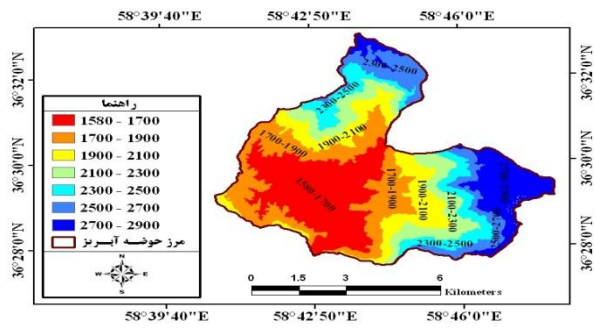
نتایج حاصل از ارتباط بین زمین لغزش، عوامل مؤثر و میزان اثر هر یک از آنها با استفاده از شاخص آنتروپی شانون در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج بررسی عامل شیب نشان می دهد که بیشتر لغزش های منطقه در کلاس شیب ۵-۱۵ درجه رخ داده است. درجه برآیند نیروها به صورتی است که و شیب های کم نیروی مقاوم عمودی بیشتر از نیروی محرکه افقی بوده و شرایط وقوع زمین لغزش فراهم نمی شود. در شیب های زیاد بیشتر از ۳۰ درجه نیز فرآیندهای فرسایشی دیگر غالب بوده و خاک کافی برای وقوع زمین لغزش تحت این شرایط وجود ندارد بنابراین مقدار P_{ij} (تراکم زمین لغزش) کاهش می یابد. به همین ترتیب بررسی عوامل دیگر نشان می دهد که بیشترین وزن لغزشی یا همان مقدار P_{ij} به ترتیب مربوط به کلاس شمال غرب (۲۰۸۴)، کلاس ارتفاعی ۲۳۰۰-۲۱۰۰ (۲،۹۳)، میزان بارندگی بیش از ۵۲۰ میلیمتر (۱،۳)، لیتولوژی J_1 (۱،۸۹) در فاصله ۹۰۰-۱۲۰۰ متری از گسل (۱،۹۶)، کاربری اراضی مرتع (۱،۷۱)، در طبقه ۴۵-۶۰ شاخص توان آبراهه (۱،۹۵)، در طبقه ۰-۱۰ شاخص رطوبت (۳،۲)، شکل شیب مقعر (۱،۲۹)، طبقه ۳۰۰-۴۰۰ متری از رودخانه (۳،۹۳) و طبقه ۶۵۰-۱۳۰۰ متری از جاده (۱،۴۹) است.



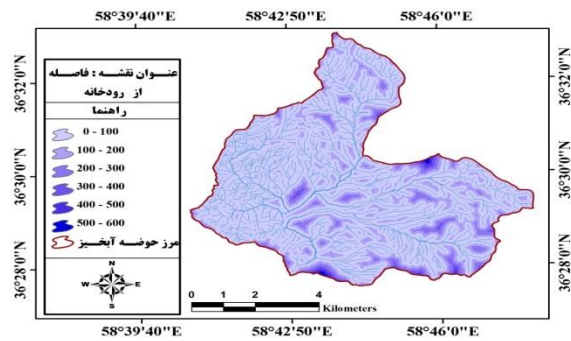
شکل ۳: نقشه شیب منطقه مورد مطالعه



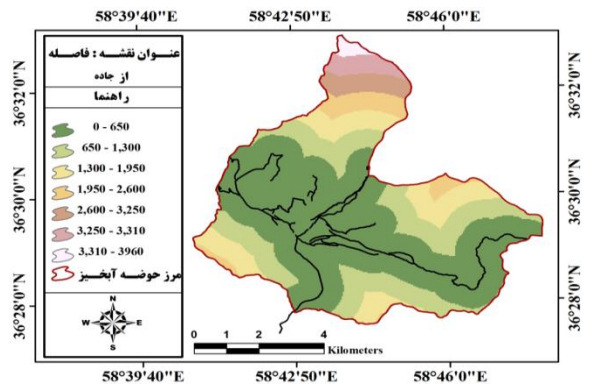
شکل ۴: نقشه جهت شیب منطقه مورد مطالعه



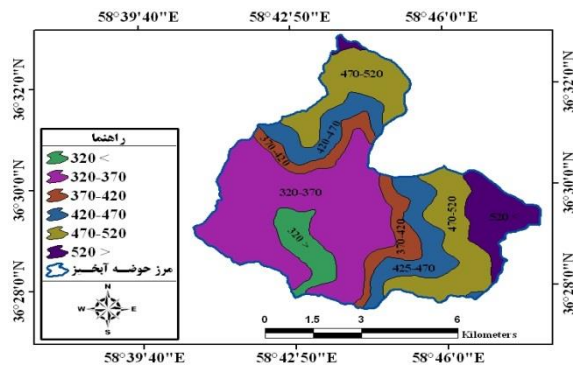
شکل ۵: نقشه ارتفاع منطقه مورد مطالعه



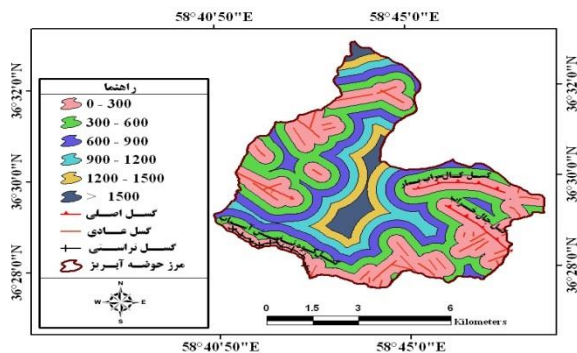
شکل ۶: نقشه فاصله از رودخانه منطقه مورد مطالعه



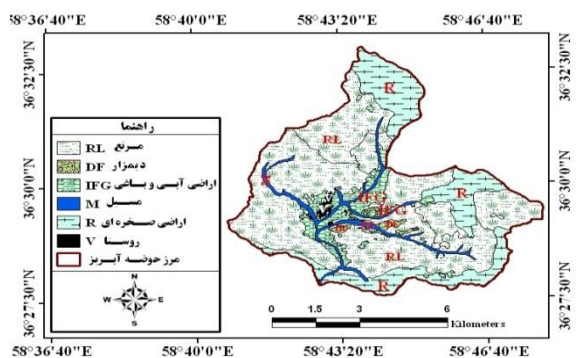
شکل ۷: نقشه فاصله از جاده منطقه مورد مطالعه



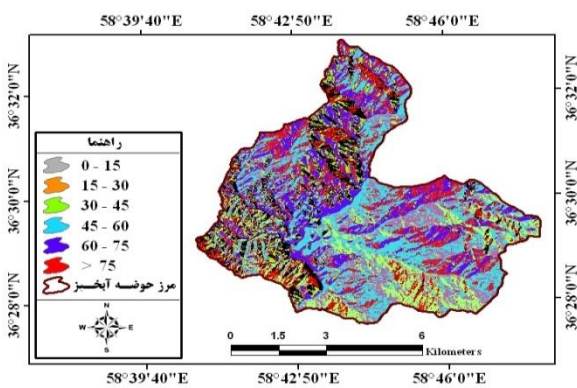
شکل ۸: نقشه خطوط هم‌باران منطقه مورد مطالعه



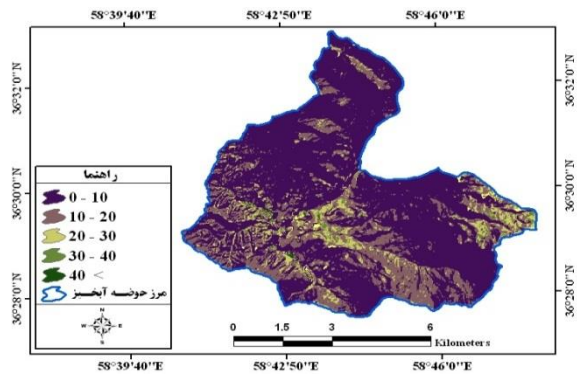
شکل ۹: نقشه فاصله از گسل منطقه مورد مطالعه



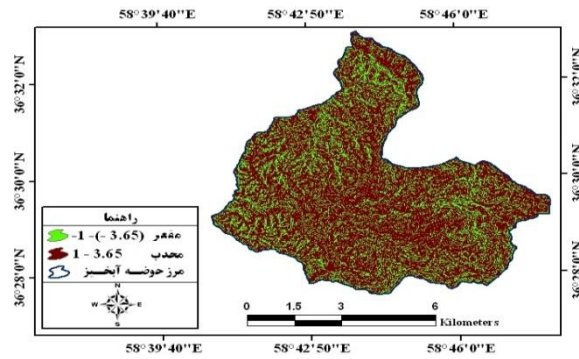
شکل ۱۰: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه



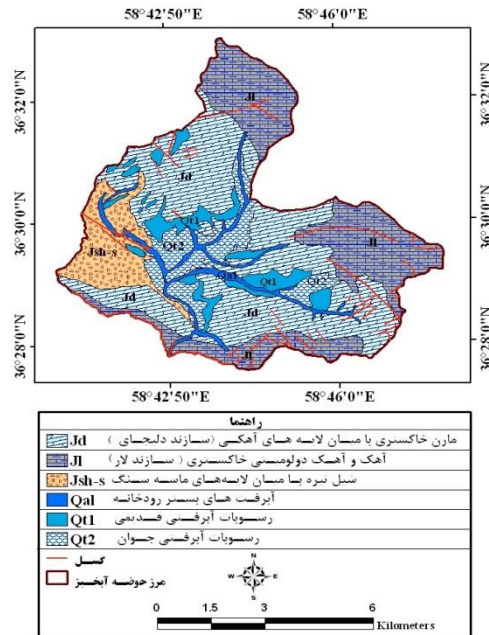
شکل ۱۱: شاخص توان آبراهه منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۲: شاخص رطوبت منطقه مورد مطالعه

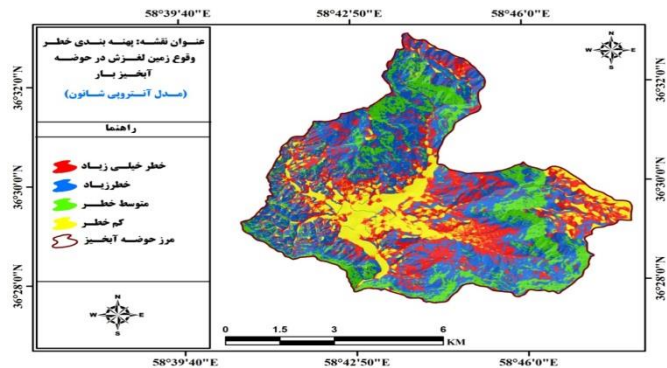


شکل ۱۳: نقشه شیب حوضه آبخیز منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۴: لیتولوژی حوضه آبخیز بار نیشابور

اولویت بندی عوامل مؤثر با استفاده از شاخص آنتروپی شانون نشان داد که لایه های کاربری اراضی، لیتولوژی، ارتفاع، شاخص رطوبت، فاصله از رودخانه و جهت شیب بیشترین تاثیر را در وقوع لغزش های منطقه داشته اند (جدول ۱).



شکل ۱۵: نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز بار نیشابور با استفاده از مدل آنتروپی شانون

با توجه به شکل (۱۵)، ۲۴/۵۴ درصد از مساحت خطر خیلی زیاد، ۴۰/۳۱ درصد از مساحت خطر زیاد، ۱۸/۴۵ درصد از مساحت متوسط خطر و ۱۶/۶۹ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه در محدوده کم خطر قرار گرفته است. بنابراین به عنوان پیشنهاد می توان گفت که نقشه مذکور می تواند نقشه به سزایی در تصمیم گیری های آتی مدیریت دامنه های خطرناک و آمایش سرزمین در منطقه مورد مطالعه داشته باشد.

جدول ۱: ارتباط بین زمین لغزش، و عوامل موثر و تعیین میزان تأثیر آنها با استفاده از شاخص اتروپی شانون

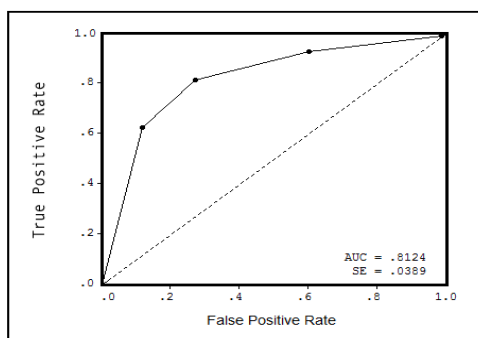
عامل	طبقه	تعداد پیکسل	تعداد لغزش	P_{ij}	(P_{ij})	H_j	H_{jmax}	I_j	W_j
درجه شیب	۰-۵	۴۶۸۳	۷	۰/۷۲	۰/۱۳	۲/۴۵	۲/۵۹	۰/۰۵	۰/۰۴۷
	۵-۱۵	۳۷۲۱	۱۲	۱/۵۶	۰/۲۷				
	۱۵-۳۰	۲۱۵۳	۵	۱/۱۳	۰/۲				
	۳۰-۴۵	۱۹۸۳	۴	۰/۹۸	۰/۱۷				
	۴۵-۵۵	۱۵۳۲	۳	۰/۹۵	۰/۱۷				
	۵۵<	۱۴۳۰	۱	۰/۳۴	۰/۰۶				
جهت شیب	هموار (flat)	۸۶۹	۰	۰	۰	۲/۳۶	۳/۱۸	۰/۲۶	۰/۲۰
	شمال	۱۴۷۸	۱	۰/۳۳	۰/۰۵				
	شمال شرقی	۱۲۶۲	۲	۰/۷۷	۰/۱۱				
	شرق	۱۱۰۵	۰	۰	۰				
	جنوب شرقی	۱۴۰۳	۱	۰/۳۴	۰/۰۵				
	جنوب	۲۱۶۵	۵	۱/۱۱	۰/۱۶				
	جنوب غربی	۲۷۱۸	۱	۰/۱۸	۰/۰۳				
	غرب	۲۵۲۱	۸	۱/۵۴	۰/۲۱				
شمال غربی	۲۳۸۴	۱۴	۲/۸۴	۰/۳۹					
ارتفاع (متر)	۱۵۸۰-۱۷۰۰	۳۷۵۰	۲	۰/۲۶	۰/۰۳	۲/۲۹	۲/۸۲	۰/۱۹	۰/۲۲
	۱۷۰۰-۱۹۰۰	۲۶۳۹	۱	۰/۱۸	۰/۰۲				
	۱۹۰۰-۲۱۰۰	۲۹۲۱	۵	۰/۸۳	۰/۱				
	۲۱۰۰-۲۳۰۰	۱۸۲۱	۱۱	۲/۹۳	۰/۳۶				
	۲۳۰۰-۲۵۰۰	۱۷۷۴	۸	۲/۱۸	۰/۲۷				
	۲۵۰۰-۲۷۰۰	۱۱۹۰	۱	۰/۴۱	۰/۰۵				
۲۷۰۰-۲۹۰۰	۱۴۰۷	۴	۱/۳۸	۰/۱۷					
همباران	۳۲۰>	۴۶۰	۱	۱/۰۵	۰/۱۸	۲/۵۵	۲/۵۹	۰/۰۲	۰/۰۱۹
	۲۳۰-۳۷۰	۱۸۹۲	۲	۰/۵۲	۰/۰۹				
	۳۷۰-۴۲۰	۲۱۲۶	۴	۰/۹۱	۰/۱۵				
	۴۲۰-۴۷۰	۳۳۶۴	۷	۱/۰۱	۰/۱۷				
	۴۷۰-۵۲۰	۵۴۲۷	۱۲	۱/۰۷	۰/۱۸				
۵۲۰<	۲۲۳۳	۶	۱/۳	۰/۲۳					

				۰/۲۴	۱/۲۳	۱۷	۶۶۵۷	Jd	
				۰/۳۸	۱/۸۹	۹	۲۳۰۲	Ji	
۰/۲۱	۰/۲۵	۲/۵۹	۱/۹۵	۰/۲۰	۰/۹۹	۴	۱۹۵۳	Jsh-s	لیتولوژی
				.	.	.	۱۲۹۵	Qal	
				.	.	.	۲۲۷۴	Q+1	
				۰/۱۸	۰/۹۳	۲	۱۰۳۸	Q+2	
				۰/۱۰	۰/۷	۷	۴۸۷۰	۰-۳۰۰	
				۰/۲۰	۱/۳۵	۱۱	۳۹۳۶	۳۰۰-۶۰۰۰	
۰/۰۸۷	۰/۰۷۷	۲/۵۹	۲/۳۹	۰/۱۸	۱/۱۹	۶	۲۴۵۳	۶۰۰-۹۰۰	فاصله از گسل
				۰/۲۹	۱/۹۶	۴	۹۸۶	۹۰۰-۱۲۰۰	(متر)
				۰/۲۰	۱/۳۶	۳	۱۰۷۲	۱۲۰۰-۱۵۰۰	
				۰/۰۳	۰/۲۲	۱	۲۱۸۵	۱۵۰۰<	
				۰/۶	۱/۷۱	۲۱	۵۹۵۳	مرتع (RL)	
				.	.	.	۱۷۲۲	دیمزار (DF)	
۰/۳۳	۰/۵۸	۲/۳۳	۰/۹۷	۰/۴	۱/۱۶	۱۱	۴۵۹۴	اراضی آبی و باغی (IFG)	کاربری اراضی
				.	.	.	۶۳۴	مسیل (M)	
				.	.	.	۲۰۹۹	روستا (V)	
				۰/۱۴	۰/۸۵	۷	۳۹۸۷	۰-۱۵	
				۰/۳	۱/۶۲	۱۰	۲۹۸۵	۱۵-۳۰	شاخص توان
				۰/۱۶	۰/۹۶	۵	۲۵۳۴	۳۰-۴۵	آبراهه
۰/۲۷	۰/۲۷	۲/۵۹	۱/۸۹	۰/۳۱	۱/۹۵	۸	۱۹۸۱	۴۵-۶۰	(SPI)
				۰/۰۷	۰/۴۷	۱	۱۰۴۱	۶۰-۷۵	
				۰/۰۲	۰/۱۶	۱	۲۹۷۴	۷۵<	
				۰/۷	۳/۲	۲۲	۳۳۴۱	۰-۱۰	
				۰/۰۵	۰/۲۵	۳	۵۷۱۷	۱۰-۲۰	
۰/۳۹	۰/۴۳	۲/۳۳	۱/۳۳	۰/۱۴	۰/۶۵	۶	۴۴۵۵	۲۰-۳۰	شاخص رطوبت
				۰/۱۱	۰/۴۸	۱	۱۰۰۷	۳۰-۴۰	(TWI)
				.	.	.	۹۸۲	۴۰<	
۰/۰۶۰۳	۰/۰۶	۱/۰۰	۰/۹۴	۰/۶۴	۱/۲۹	۲۰	۷۵۱۳	مقعر	شکل شیب
				۰/۳۶	۰/۷۲	۱۲	۷۹۸۹	محدب	
				۰/۰۲	۰/۱۵	۱	۳۲۱۱	۰-۱۰۰	
				۰/۰۴	۰/۳۵	۳	۴۲۰۰	۱۰۰-۲۰۰	
۰/۳۷	۰/۲۵	۲/۵۹	۱/۹۳	۰/۰۳	۰/۳	۲	۳۲۱۴	۲۰۰-۳۰۰	فاصله از
				۰/۴۵	۳/۹۳	۱۲	۱۴۷۷	۳۰۰-۴۰۰	رودخانه
				۰/۲۹	۲/۵۲	۹	۱۷۳۱	۴۰۰-۵۰۰	

							۱۶۶۹	۵۰۰-۶۰۰	
							۲۶۷۵	۰-۶۵۰	
							۲۹۳۵	۶۵۰-۱۳۰۰	
							۲۴۴۵	۱۳۰۰-۱۹۵۰	
۰/۰۴۱	۰/۰۴	۲/۸۲	۲/۷	۰/۲۱	۱/۴۳	۵	۱۶۸۷	۱۹۵۰-۲۶۰۰	فاصله از جاده
							۱۵۵۶	۲۶۰۰-۳۲۵۰	
							۲۰۳۶	۳۲۵۰-۳۳۱۰	
							۲۱۶۸	۳۳۱۰-۳۹۶۰	

منحنی Roc

منحنی Roc (راک) یکی از مفیدترین و کارآمدترین روش‌ها در ارائه خصوصیت تعیینی، شناسایی احتمالی و پیش بینی سیستم‌ها است که میزان دقت مدل را به صورت کمی برآورد می‌کند (وان، ۲۰۰۲: ۱۴؛ اسویتس، ۱۹۸۸: ۱۲۸۷). در حقیقت منحنی راک یک نمایش گرافیکی از موازنه بین نرخ خطای منفی و مثبت برای هر مقدار احتمالی از برش‌ها است. سطح زیر منحنی (AUC)، بیانگر مقدار پیش‌بینی سیستم از طریق توصیف توانایی آن در تخمین درست وقایع رخ داده (وقوع لغزش) و عدم وقوع رخداد (عدم وقوع لغزش) است. ایده‌آل‌ترین مدل، بیشترین سطح زیر منحنی را دارد و مقادیر (AUC) از ۰/۵ تا ۱ متغیر است. چنانچه مدل نتواند رخداد لغزشی را بهتر از دیدگاه احتمالی (تصادفی) تخمین زند مقدار زیر منحنی آن ۰/۵ است و زمانی که سطح زیر منحنی برابر با یک باشد بیانگر بهترین دقت از نقشه تهیه شده است. همبستگی کیفی- کمی سطح زیر منحنی و ارزیابی تخمین به صورت (۱- ۰/۹، عالی؛ ۰/۸- ۰/۹، خیلی خوب؛ ۰/۷- ۰/۸، خوب؛ ۰/۶- ۰/۷، متوسط؛ ۰/۵- ۰/۶، ضعیف) است (زو و همکاران، ۲۰۰۹: ۳۴۵؛ یسلنی کار، ۲۰۰۵: ۲۳۷). بر اساس نتایج منحنی راک، مقدار سطح زیر منحنی در منطقه مورد مطالعه ۰/۸۱۲۴ (۸۱/۲۴ درصد) با انحراف استاندارد ۰/۰۳۸۹ برآورد گردید. شکل (۱۶) نشان دهنده ارزیابی خیلی خوب مدل احتمالاتی وزن واقعه برای حساسیت زمین لغزش در حوضه آبخیز بار به روش آنتروپی شانون است.



شکل ۱۶: منحنی راک جهت بررسی دقت پهنه بندی انجام شده

نتیجه‌گیری

تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش، پیش زمینه ای در شناخت عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش، رخداد آن، مدیریت خطر و روش های پیشگیری از خطر و ریسک است. هدف از تحقیق حاضر اولویت بندی عوامل مؤثر بر زمین لغزش و پهنه بندی

حساسیت آن در حوزه آبخیز بار نیشابور با استفاده از شاخص آنتروپی شانون است. پس از تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش-ها، لایه های اطلاعاتی شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، بارندگی، سنگ شناسی، فاصله از گسل، کاربری اراضی، شاخص قدرت رودخانه (SPI)، شاخص رطوبت (CTI) به عنوان عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه انتخاب گردیدند. اولیت بندی عوامل مؤثر با استفاده از شاخص آنتروپی شانون نشان داد که لایه های کاربری اراضی، لیتولوژی، ارتفاع، شاخص رطوبت، فاصله از رودخانه و جهت شیب بیشترین تاثیر را در وقوع لغزش های منطقه داشته اند. همچنین پهنه بندی حساسیت زمین لغزش با مدل آنتروپی و ارزیابی دقت آن با استفاده از منحنی ROC بیانگر دقت خیلی خوب مدل (۸۱/۲۴ درصد) برای منطقه مورد مطالعه است. بنابراین به عنوان پیشنهاد می توان گفت که نقشه مذکور می تواند نقش به سزایی در تصمیم گیری های آتی، مدیریت دامنه های خطرناک و آمایش زمین در منطقه مورد مطالعه داشته باشد.

منابع

- ۱- احمدی، محمد، رضایی مقدم، محمدحسین، (۱۳۹۰)، ارزیابی ناپایداری دامنه‌ها بر اساس شواهد وزنی و با استفاده از فناوری GIS، مثال موردی دامنه‌های حوضه مرک کرمانشاه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۵، صص ۸۵-۱۰۸.
- ۲- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۳)، بررسی نقش ویژگی‌های سازندهای سطحی در وقوع زمین‌لغزش‌ها، مطالعه موردی: دامنه‌های شمالی قوشه داغ (بین اهر و مشکین شهر)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۷۳، صص ۵۳-۷۰.
- ۳- زارع، محمد، احمدی، حسن، شعبانعلی، غلامی، (۱۳۹۰)، پهنه‌بندی و ارزیابی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌های عامل اطمینان، ارزش اطلاعات و تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز واز)، مجله علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیز داری، شماره ۱۷، صص ۱۵-۲۳.
- ۴- شادفر، صمد، محمود عرب خدری، سلطانی، محمدجعفر، بکتاش، پیمان، (۱۳۹۰)، بررسی ارتباط بین پوشش گیاهی و حرکات توده‌ای با استفاده از GIS.
- ۵- علیجانی، بهلول، محمدی، ح، بیدگلی، آ، (۱۳۸۶)، نقش الگوهای فشار در بارش‌های سواحل جنوبی دریای خزر، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، شماره ۱۶، صص ۳۷-۵۱.
- ۶- معصومی، فریبرز، کراچیان، رضا، (۱۳۸۷)، بهینه سازی مکانیابی ایستگاه‌های پایش کیفی منابع آب زیرزمینی با استفاده از تئوری آنتروپی. مجله آب و فاضلاب، شماره ۱۹، صص ۱۲-۲.
- ۷- معاریان، حسن، سیارپور، مرتضی، (۱۳۸۵)، نقش پارامتر شیب دامنه در بروز خطه در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، نشریه دانشکده فنی، شماره ۱، صص ۱۱۳-۱۰۵.
- ۸- مقیمی، ابراهیم، باقری، س، صفرراد، ط، (۱۳۹۱)، خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل آنتروپی (مطالعه موردی: تاکدیس نثار زاگرس شمال غربی)، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۹، صص ۹۰-۷۷.
- ۹- مقیمی، ابراهیم، علوی پناه، سید کاظم، جعفری، تیمور، (۱۳۸۷)، ارزیابی و پهنه‌بندی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش دامنه‌های شمالی آلاداغ (مطالعه موردی: حوضه زهکشی چناران در استان خراسان شمالی)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۵۳-۷۵.
- ۱۰- مقیمی، ابراهیم، نگهبان، سعید، (۱۳۹۱)، بررسی فرسایش در حوضه آبخیز رودخانه شور فذامی با استفاده از مدل آنتروپی، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۳۳، صص ۶۶-۱.
- ۱۱- ملکی، امجد، اویسی، محسن، (۱۳۹۱)، شناسائی ساختار گسلی و تحول چشمه‌های کارستی با استفاده از رادار نفوذی (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)، نشریه جغرافیا و پایداری محیط، شماره ۳.
- 12- Bednarik, M., Magulova, B., Matys, M., Marschalko, M., 2010, Landslide Susceptibility Assessment of the Kral'ovany-Liptovsky Mikulas Railway Case Study, Physics and Chemistry of the Earth. 162-171.
- 13- Constantin, M., M., Bednarik, M.C., Jurchescu, and M., Vlaicu, 2011, Landslide susceptibility assessment using the bivariate statistical analysis and the index of entropy in the Sibiciu Basin (Romania), Environ, 397- 406.
- 14- Dahal, R.K., Hasegava, Sh., Nonoura, A., Yamanka, M., Dhakal, S., Pauudyal, P, 2008, Predictive Modeling of Rainfall-Induced Landslide Hazard in the Lesser Himalaya of Nepal Based on Weights of Evidence. Geomorphology, PP.496-510.
- 15- Koehorst, B. A. N., O., Kjekstad, D., Patel, Z., Lubkowski, J. G., Knoeff and G. J., Akkerma., 2005. Work package 6, Determination of Socio-Economic Impact of Natural Disasters, Assessing socio-economic Impact in Europe, 173p.
- 16- Pourghasemi H.R., B., Pradhan, C., Gokceoglu and K., Deylami Moezzi, 2012, A comparative assessment of prediction capabilities of Dempster-Shafer and weights-of-evidence models in landslide susceptibility mapping using GIS. Geomatics.

- 17- Pourghasemi, H.R., Mohammady, M., Pradhan, B., 2012, Landslide susceptibility mapping using index of entropy and conditional probability models in GIS: Safarood Basin, PP.71 – 84.
- 18- Ramakrishna, D., M.K., Ghose, R., Vinu Chandra and A., Jeyaram, 2005, Probabilistic techniques, GIS and remote sensing in landslide hazard mitigation: a case study from Sikkim Himalayas. *Geocartography*, PP.53–58.
- 19- Sakar, S., D.P.Kanungo, G.S. Mehrotar, 1995. Landslide zonation: A case study in Garhwal Himalaya. *Mountain Research and Development*, PP.301-30.
- 20- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bulletin System Technol*, 379–423.
- 21- Sharma, L.P., N., Patel, M. K., Ghose and P., Debnath, 2010. Influence of Shannon's entropy on landslide-causing parameters for vulnerability study and zonation-a case study in Sikkim, PP.421-431.
- 22- Yufeng, S., and J., Fengxiant, 2009. Landslide Stability Analysis Based on Generalized Information Entropy. *International Conference on Environmental Science and Information Application Technology*, PP.83-85.
- 23- Zongji, Y., et al, 2010, Regional Landslide Zonation Based on Entropy Method in Three Gorges Area, China. *Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*.
- 24- Pradhan, B., 2013, A comparative study on the predictive ability of the decision tree, support vector machine and neuro-fuzzy models in landslide susceptibility mapping using GIS. *Computer and Geosciences*, PP.350-365.
- 25- Gomez H., Kavzoglu T., 2005, Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela. *Engineering Geology*, PP.11–27.
- 26- Van Western, C.J., 2002. Use of weights of evidence modeling for landslide susceptibility mapping, P.21.
- 27- Moore, I.D., P.E., Gessler, G.A., Neslesn and G.A., Peterson.,1993, Soil attributes prediction using terrain analysis. *Soil Sci*, PP. 443-452.
- 28- Regmi, N. R., J. R., Giardino and J. D., Vitek., 2010, Modeling susceptibility to landslides using the weight of evidence approach: Western Colorado, USA. *Geomorphology*, PP.1285-1293.
- 29- Nefeslioglu, H.A., T.Y., Duman and S., Durmaz., 2008, Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea Region of Turkey). *Geomorphology*, PP.401-418.
- 30- Yesilnacar, E.K., 2005. The Application of Computational Intelligence to Landslide Susceptibility Mapping in Turkey. Department of Geomatics the University of Melbourne, P.423.
- 31- Zhu, C., and X., Wang., 2009, Landslide susceptibility mapping: A comparison of information and weights-of evidence methods in Three Gorges Area. *International Conference on Environmental Science and Information Application Technology*, PP.342-346.
- 32- Anbalagan, R., (1992), "Terrain evaluation and landslide hazard zonation for environmental regeneration and land use planning in mountainous terrain." 6th. Proc. International Symposium on Landslide.
- 33- Yilmaz, lion., 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*, PP.1125–1138.
- 34- Swets, J.A., 1988, Measuring the accuracy of diagnostic systems. PP. 1285-1293.

Modeling and identification of areas susceptible to landslides affecting factors of using the Shannon entropy model (Case study: watershed time Nishapur)

Landslide Susceptibility Mapping, a background on **factors** affecting the landslide, its occurrence, risk management and risk prevention. The aim of this study is to prioritize the factors affecting landslide susceptibility mapping and basin load it using the Shannon entropy index. To achieve this goal were taken into account 12 factors affecting the landslide was prepared to study and map the factors mentioned in the GIS. Prioritize the factors identified by the use of Shannon entropy index layer, which had a role in the occurrence of landslides. The landslide susceptibility zoning map was prepared using Shannon Entropy Index and evaluated with ROC And obtained accuracy of the model as well (24/81%) with a standard deviation of 0389/0.

Keywords: Modeling, Landslide, Zoning, Entropy, basin once Nishapur