

مدل‌سازی عرصه‌های حساس به وقوع زمین لغزش و شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع آن با استفاده از مدل آنروپی شانون (مطالعه موردی: حوضه آبخیز بار نیشابور)

مریم خسرویان^۱، علیرضا انتظاری^۲، مختار کرمی^۳، مجید ابراهیمی^۴

^۱ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی - دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
^{۲،۳} استادیار گروه جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
^۴ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

نویسنده مسئول: m.khosravian69@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۸ / تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۱۳

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 آنروپی 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 بهره‌گیری از شاخص آنروپی 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 آنروپی 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.

کلیدواژه: مدل‌سازی، زمین لغزش، پهنه‌بندی، آنروپی شانون، حوضه بار نیشابور

مقدمه

(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 (علیچانی 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، 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

حرکت‌های توده‌ای^۱ عبارت است از جابجائی حجم زیادی از توده‌های خاک، سنگ و یا ترکیبی از آنها به طرف پائین شیب در اثر نیروی ثقل می‌باشد (مقیم 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 بلاهای 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 بلاهای 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 بلاهای طبیعی در زمره پرخطرترین و زیانبارترین آنها قرار گرفته که همگام با دستکاری بشر در سیستم‌های طبیعی شتاب فزاینده‌ای یافته است (شادفر و همکاران،

² crosta

¹ Mass movement

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 تاثیر را بر وقوع زمین‌لغزش منطقه داشته است. بدناریک و همکاران (۲۰۱۰) به منظور ارزیابی حساسیت زمین-لغزش 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 به عنوان عوامل مؤثر انتخاب و با استفاده از آنتروپی وزن دهی 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 بهینه سازی 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 صفاورد ایران پرداختند. در مرحله اول اقدام به مطالعات میدانی و شناسایی لغزش‌های منطقه با استفاده از عکس-های 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 برنامه‌ریزی استفاده از زمین در حوضه صفاورد مفید باشد. حوزه آبخیز بار نیشابور، در حوزه آبریز اصلی کویر مرکزی (حوزه‌های نشنگانه استان خراسان) واقع شده است. منطقه مورد مطالعه یکی از زیرحوضه‌های 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 ستیغ‌ساز سازند آهکی لار، از غرب به شیل‌های ژوراسیک و از شمال‌غرب به مارن‌های سازند دلیچای محدود می‌شود (شکل ۱). از نظر موقعیت جغرافیایی، زیر حوزه آبخیز بار در محدوده ۴۴° و ۴۰° تا ۵۸° و ۴۴° و ۴۶° و ۵۸° طول شرقی و ۳۲° و ۲۷° تا ۳۶° و ۳۳° عرض شمالی قرار دارد و در دامنه‌های جنوبی ارتفاعات بینالود واقع شده است.

مجزایی از درجات مختلف خطر تقسیم می‌شود (پرادهان و همکاران، ۲۰۱۳). شناسایی 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 زمین‌لغزش، 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 (مقیم و همکاران، ۱۳۹۱). 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 آسیب‌پذیری آن در Sikkim کشور هندوستان از آنتروپی شانون استفاده کردند. عوامل مؤثر در این تحقیق عبارتند از: درصد ضیب، کاربری اراضی،

روش بررسی

در این پژوهش به منظور بررسی عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه‌ها و ایجاد زمین‌لغزش‌های حوزه آبخیز بار نیشابور نقشه پراکنش زمین لغزش‌های این حوضه تهیه و در مرحله بعد با قرار دادن این نقشه بر روی عواملی که می‌توانند در بروز زمین‌لغزش‌ها مؤثر باشند، از طریق مدل‌های مختلف آماری به بررسی عوامل وقوع زمین‌لغزش پرداخته شد. جهت تهیه نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های 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 زمین‌لغزش منطقه تهیه شد (شکل ۲). 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 می‌باشد که نقش تعیین کننده‌ای در میزان بارندگی و رطوبت، نور خورشید و رژیم باد بازی می‌کند 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 معنی‌داری ۰/۰۰۱ به‌دست 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 سنگ‌شناسی استخراج گردید. در این پژوهش فاصله از گسل (بافر گسل) تهیه و به ۶ کلاس با فواصل ۳۰۰ متر طبقه‌بندی گردید. این تقسیم‌بندی به‌وسیله گومز (۲۰۰۵) به‌کار برده شده است (گومز، ۲۰۰۵: ۱۷۵). کاربری اراضی و پوشش گیاهی نقشه مهمی در پایداری دامنه داشته و چندین تحقیق تأکید بر نقش مهم آن در بررسی خطر زمین لغزش داشته‌اند (جیکوب، ۲۰۰۰؛ آنبالاگان، ۱۹۹۲). شاخص قدرت رودخانه (SPI) نسبت بین مساحت بالادست یک نقطه و شیب زمین در بالادست آن را به‌گونه‌ای نشان می‌دهد که نیمرخ عرضی و نیمرخ طولی آبراهه را منعکس می‌کند (وان، ۲۰۰۲؛ رگمی و 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 انباشتنی با توجه به رابطه‌ی (۹) محاسبه گردید (شکل ۱۵). رابطه‌ی (۱)

$$SPI = As \cdot \tan \beta$$

که در آن؛ As : 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 خیسایی (WM) نیز معروف است. شاخص رطوبتی، شاخصی از توزیع مکانی رطوبت خاک در طول چشم‌انداز زمین است که به وسیله رابطه‌ی شماره‌ی ۸ قابل محاسبه می‌باشد (مور و همکاران، ۱۹۹۳؛ نفیسی اغلو و همکاران، ۲۰۰۸؛ یلماز، ۲۰۰۹؛ پودیل و همکاران، ۲۰۱۱؛ رگمی و همکاران، ۲۰۱۰). شکل (۱۲) نقشه شاخص رطوبتی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. رابطه (۲)

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

که در آن؛ As : 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

⁴ Jakob

⁵ Anbalagan

⁶ Accumulation sin

⁷ Topographic Withness Index

⁸ Nefeslioglu et al

⁹ Yilmaz

¹ Poudyal et al

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

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

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

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 کلاس‌های عامل مذکور، نقشه‌های وزنی با هم جمع شده و نقشه نهائی حساسیت زمین لغزش (شکل ۳) به دست آمد. 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. پس از تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها، لایه‌های 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 می‌دهد که بیشتر لغزش‌های منطقه در کلاس شیب ۱۵-۵ درجه رخ داده است. درجه برآیند نیروها به صورتی است که و شیب‌های کم نیروی مقاوم عمودی بیشتر از نیروی محرکه افقی بوده و شرایط وقوع زمین لغزش فراهم نمی‌شود. در شیب‌های زیاد بیشتر از ۳۰ درجه نیز فرآیندهای فرسایشی دیگر غالب بوده و خاک کافی برای وقوع زمین لغزش تحت این شرایط وجود ندارد بنابر این مقدار P_{ij} (تراکم زمین لغزش)

تقریباً یک سطح با استفاده از فواصل بین خطوط توپوگرافی متوالی در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تعیین می‌شود. به طور کلی انحنا 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 به منظور برخورد با بی‌نظمی، بی‌ثباتی، اغتشاش و عدم یقین‌های موجود در یک سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد (Yufeng & Fengxian, 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 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 رابطه‌های ۲ تا ۶ استفاده گردید (Bednarik et al, 2010, Constantin et al 2012, Pourghasemi et al 2011).

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

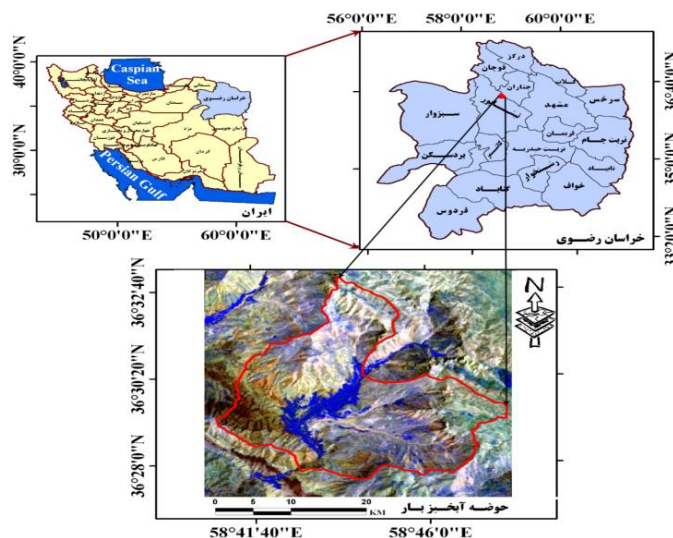
$$H_j = - \sum_{i=1}^{S_j} (P_{ij}) \log_2 (P_{ij}), j = 1, \dots, n \quad (3)$$

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

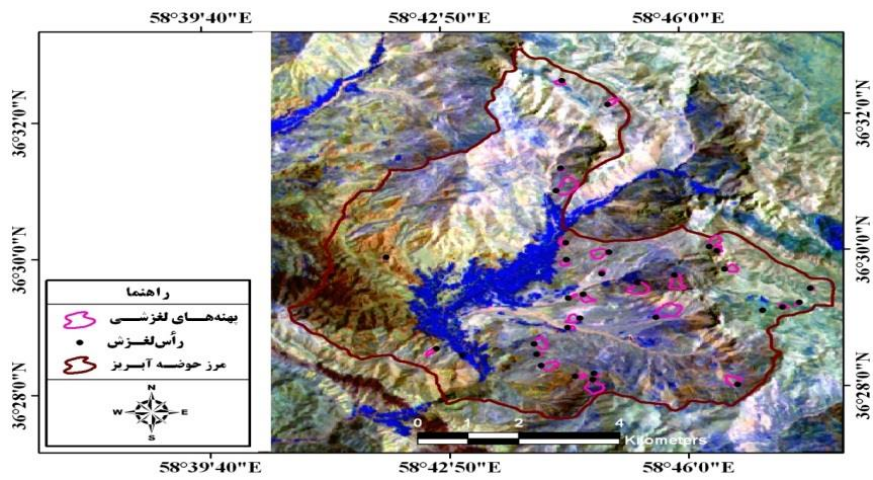
کاهش می‌یابد. به همین ترتیب بررسی عوامل دیگر نشان می‌دهد که بیشترین وزن لغزشی یا همان مقدار P_{ij} به ترتیب مربوط به کلاس شمال غرب (۲۰۸۴)، کلاس ارتفاعی ۲۳۰۰-۲۱۰۰ (۲،۹۳)، میزان بارندگی بیش از ۵۲۰ میلی‌متر (۱،۳)، لیتولوژی (۱،۸۹) J_i در فاصله ۱۲۰۰-۹۰۰ متری از گسل (۱،۹۶)، کاربری اراضی مرتع (۱،۷۱)، در طبقه 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 ۱۳۰۰-۶۵۰ متری از جاده (۱،۴۹) است. اولویت بندی عوامل مؤثر با استفاده از شاخص انتروپی 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 داشته‌اند (جدول ۱). 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 می‌توان گفت که نقشه مذکور می‌تواند نقشه به سزایی در تصمیم گیری های آتی مدیریت دامنه‌های خطرناک و آمایش سرزمین در منطقه مورد مطالعه داشته باشد.

منحنی Roc

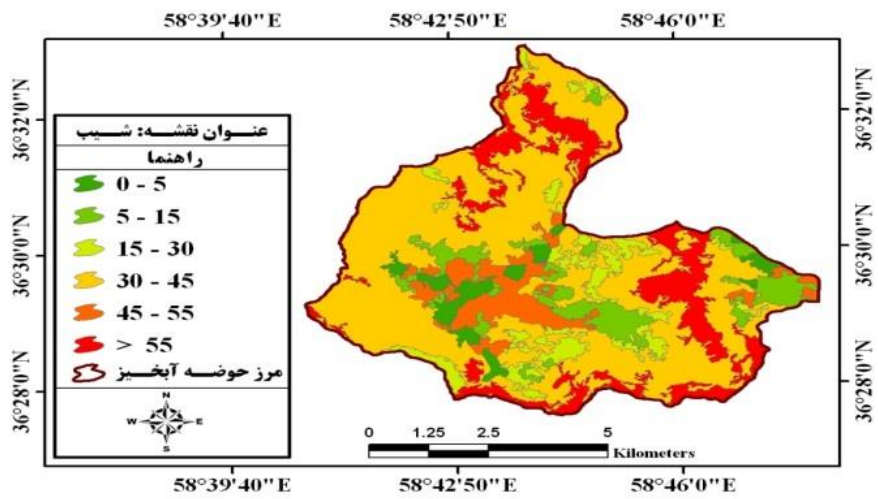
منحنی Roc (راک) یکی از مفیدترین و کارآمدترین روش‌ها در ارائه خصوصیت تعیینی، شناسایی احتمالی و پیش بینی سیستم‌ها است



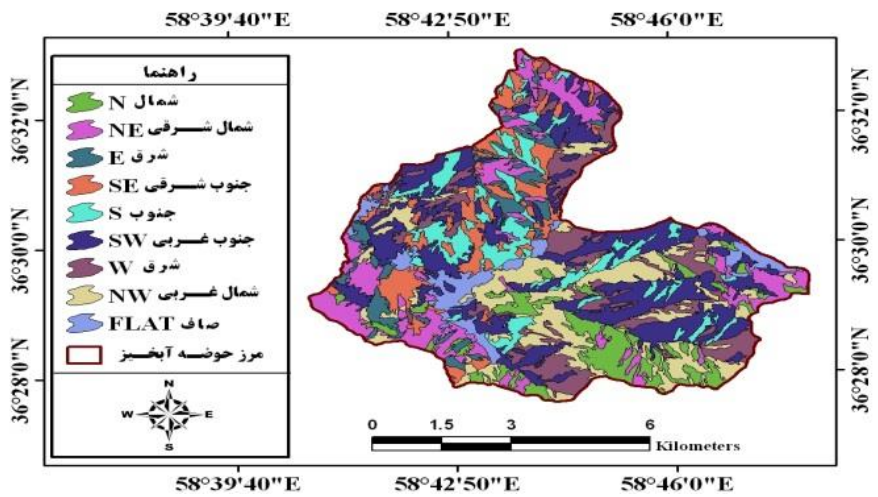
شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه



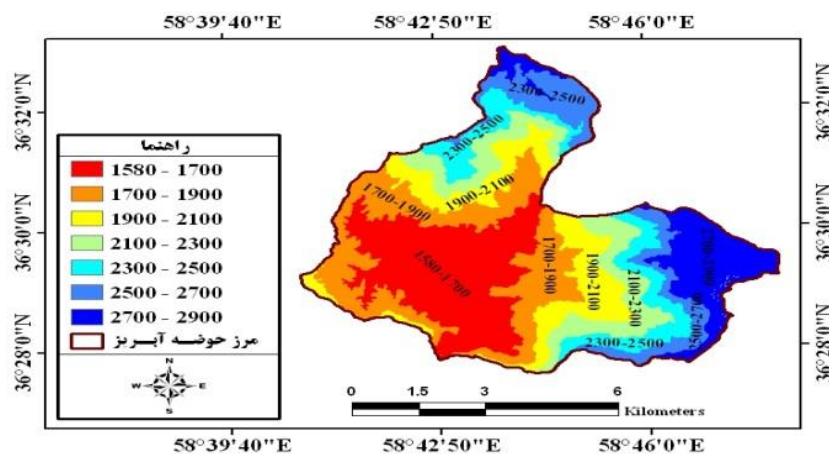
شکل ۲: پراکنش زمین لغزش‌های منطقه مورد مطالعه



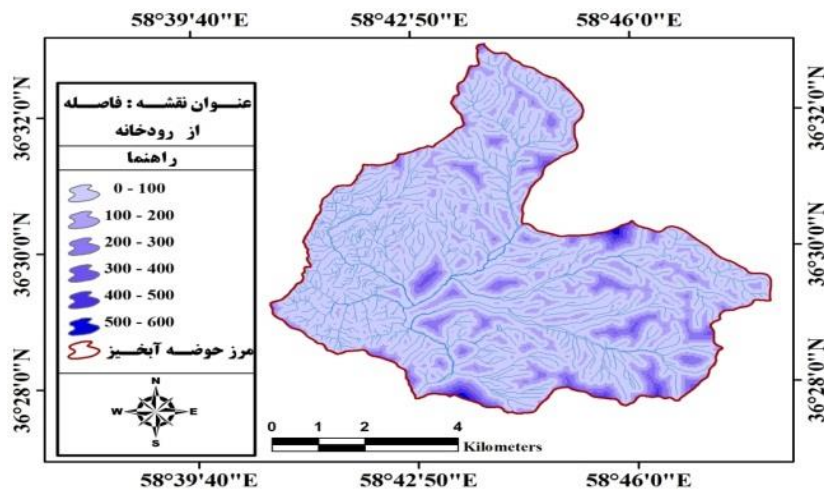
شکل ۳: نقشه شیب منطقه مورد مطالعه



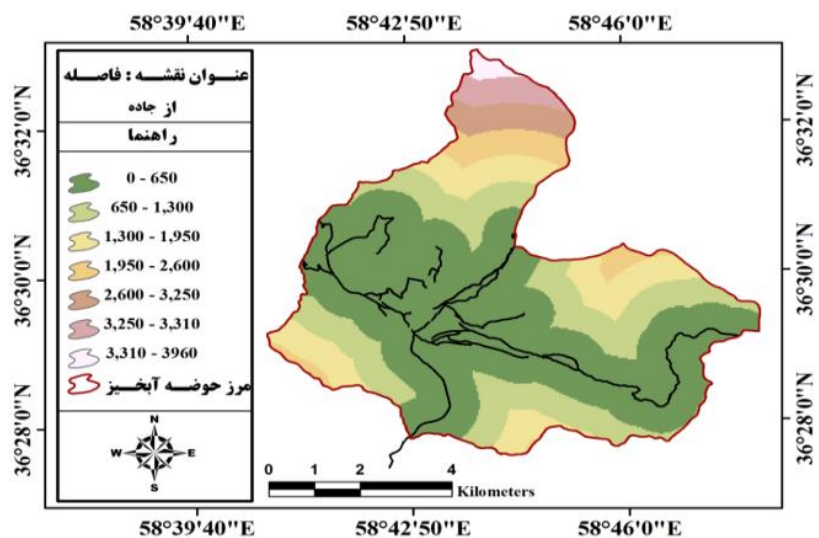
شکل ۴: نقشه جهت شیب منطقه مورد مطالعه



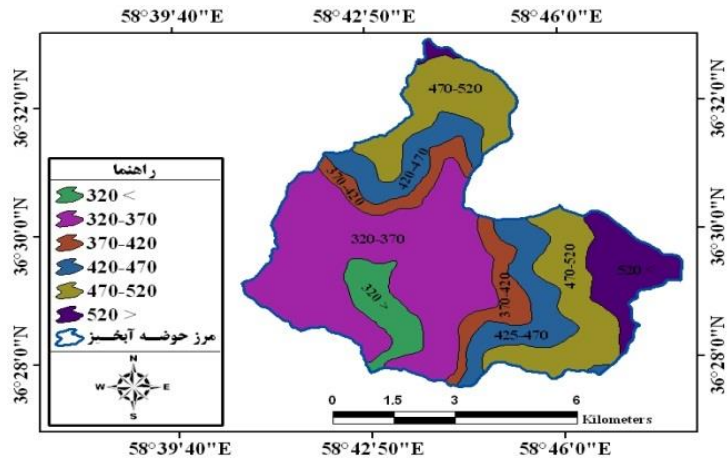
شکل ۵: نقشه ارتفاع منطقه مورد مطالعه



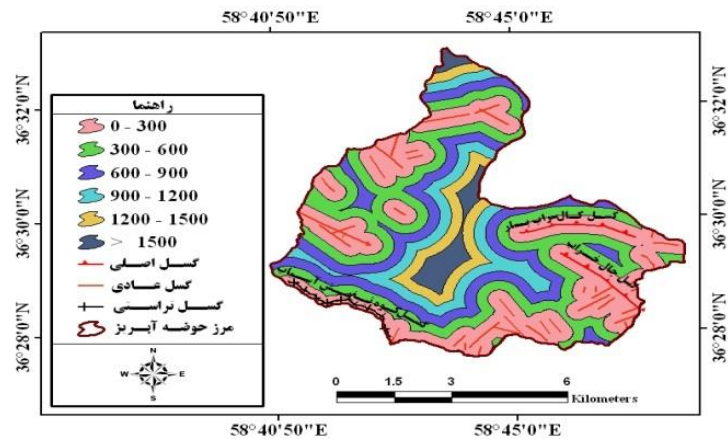
شکل ۶: نقشه فاصله از رودخانه منطقه مورد مطالعه



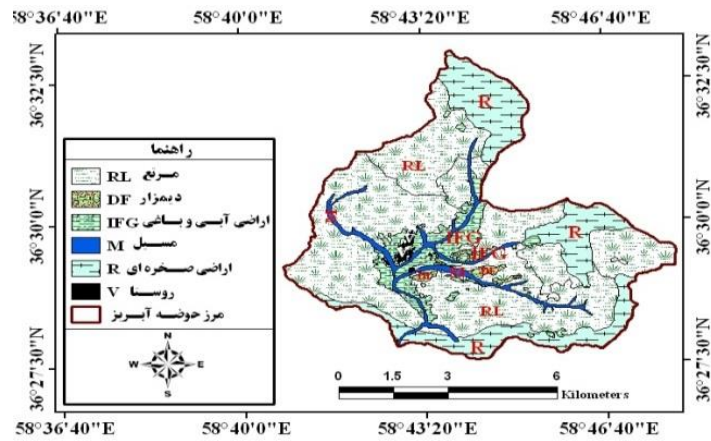
شکل ۷: نقشه فاصله از جاده منطقه مورد مطالعه



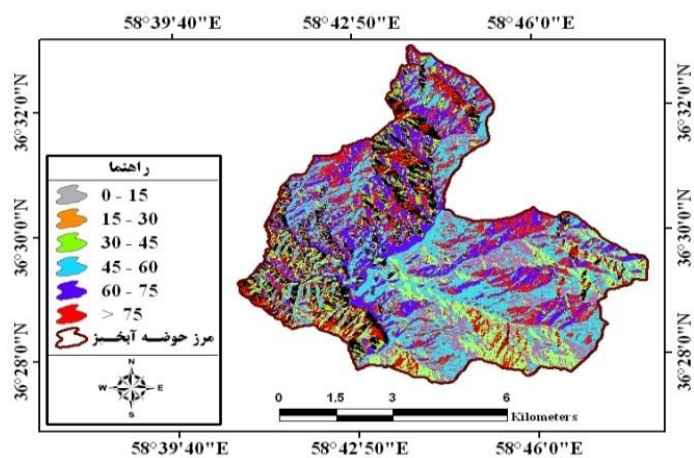
شکل ۸: نقشه خطوط هم‌باران منطقه مورد مطالعه



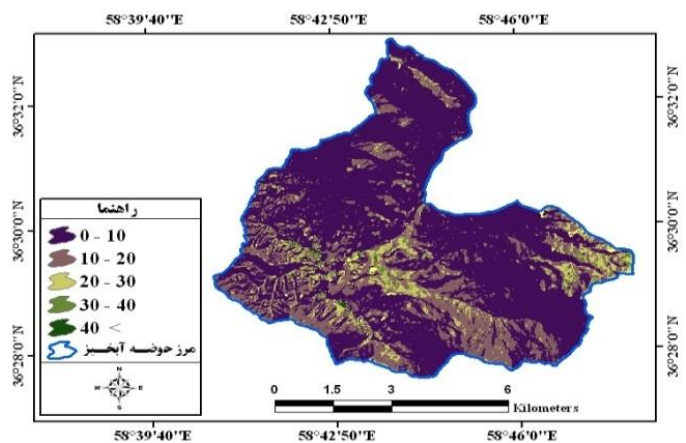
شکل ۹: نقشه فاصله از گسل منطقه مورد مطالعه



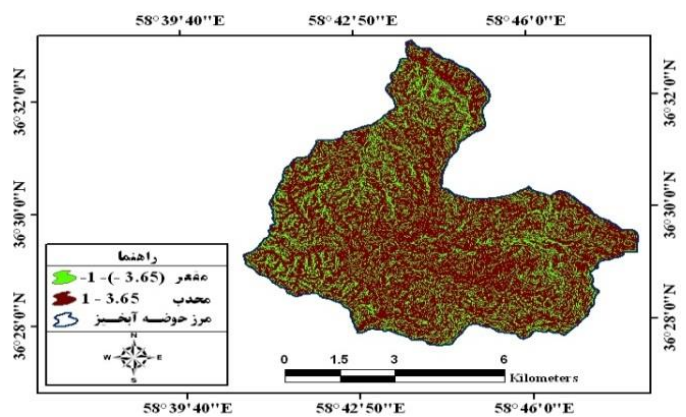
شکل ۱۰: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه



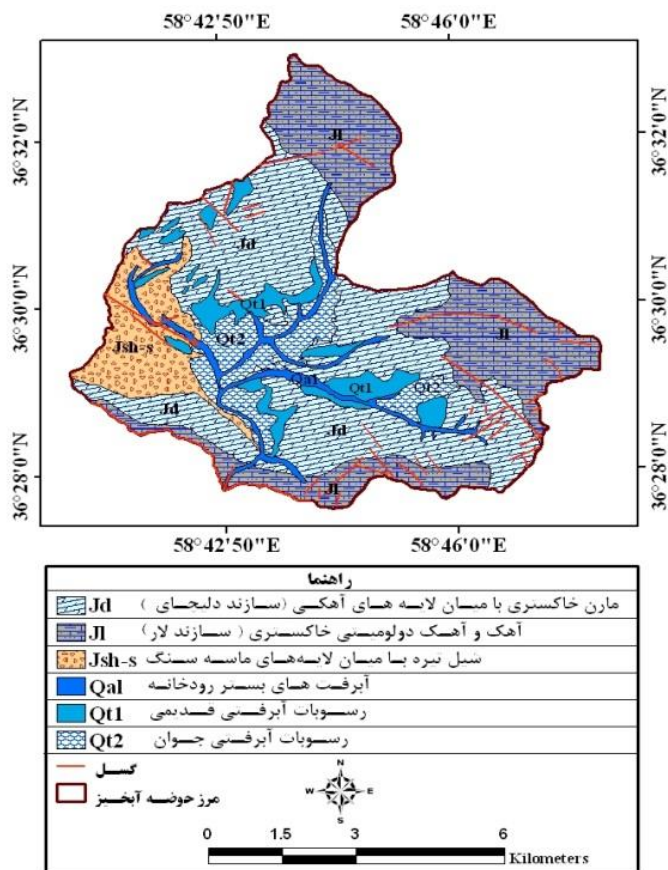
شکل ۱۱: شاخص توان آبراهه منطقه مورد مطالعه



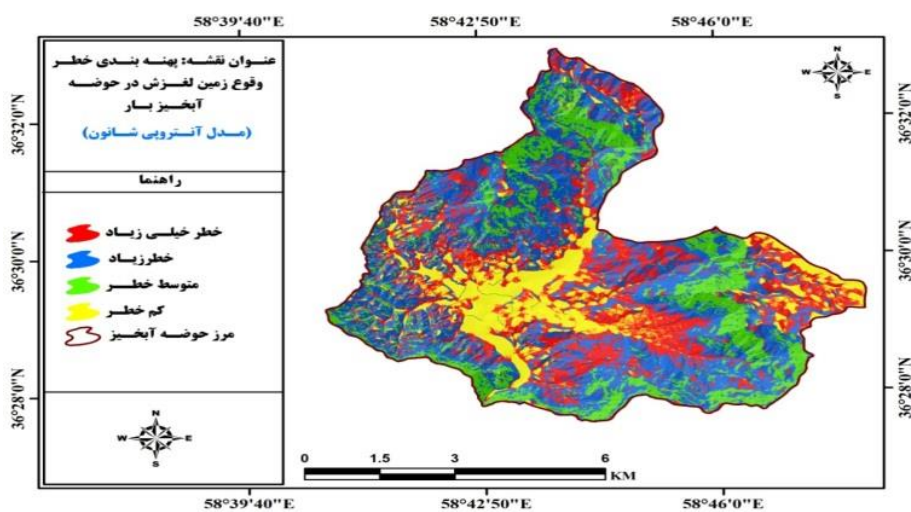
شکل ۱۲: شاخص رطوبت منطقه مورد مطالعه



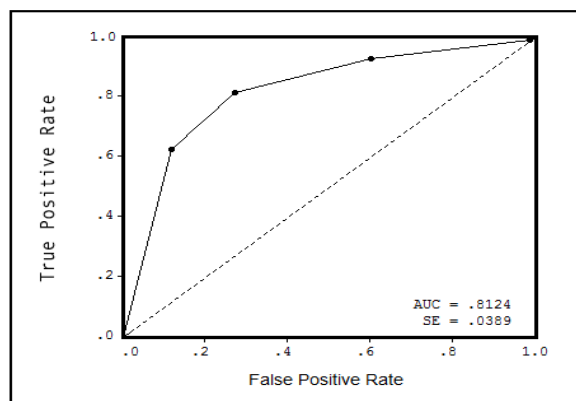
شکل ۱۳: نقشه شیب حوضه آبخیز منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۴: لیتولوژی حوضه آبخیز بار نیشابور



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



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

نتیجه گیری

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. 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. 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 رزمین در منطقه مورد مطالعه داشته باشد.

منابع

- قوشه داغ (بین اهر و مشکین شهر)، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۷۳، صص ۵۳-۷۰.
- زارع، محمد، احمدی، حسن، شعبانعلی، غلامی، (۱۳۹۰)، پهنه بندی و ارزیابی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل های عامل اطمینان، ارزش اطلاعات و تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز واز)، مجله علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیز داری، شماره ۱۷، صص ۱۵-۲۳.
- شادفر، صمد، محمود عرب خدری، سلطانی، محمدجعفر، بکتاش، پیمان، (۱۳۹۰)، بررسی ارتباط بین پوشش گیاهی و حرکات توده ای با استفاده از GIS.
- علیجانی، بهلول، محمدی، ح. بیدگلی، آ. (۱۳۸۶)، نقش الگوهای فشار در بارش های سواحل جنوبی دریای خزر، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، شماره ۱۶، صص ۵۱-۳۷.
- معصومی، فریبرز، کراچیان، رضا، (۱۳۸۷)، بهینه سازی مکانیابی ایستگاه های پایش کیفی منابع آب زیرزمینی با استفاده از تئوری آنتروپی. مجله آب و فاضلاب، شماره ۱۹، صص ۱۲-۲.
- معماربان، حسن، سیارپور، مرتضی، (۱۳۸۵)، نقش پارامتر شیب دامنه در بروز خطه در پهنه بندی خطر زمین لغزش، نشریه دانشکده فنی، شماره ۱، صص ۱۱۳-۱۰۵.
- مقیم، ابراهیم، باقری، س.، صفرراد، ط. (۱۳۹۱)، خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل آنتروپی (مطالعه موردی: تاکدیس نثار زاگرس شمال غربی)، مجله پژوهش های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۹، صص ۹۰-۷۷.
- مقیم، ابراهیم، علوی پناه، سید کاظم، جعفری، تیمور، (۱۳۸۷)، ارزیابی و پهنه بندی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش دامنه های شمالی آلاداغ (مطالعه موردی: حوضه زهکشی چناران در استان خراسان شمالی)، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۵۳-۷۵.
- مقیم، ابراهیم، نگهبان، سعید، (۱۳۹۱)، بررسی فرسایش در حوضه آبخیز رودخانه شور فذامی با استفاده از مدل آنتروپی، مجله پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۳۳، صص ۶۶-۱.
- ملکی، امجد، اوپسی، محسن، (۱۳۹۱)، شناسایی ساختار گسلی و تحول چشمه های کارستی با استفاده از رادار نفوذی (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)، نشریه جغرافیا و پایداری محیط، شماره ۳.

احمدی، محمد، رضایی مقدم، محمدحسین، (۱۳۹۰)، ارزیابی ناپایداری دامنه ها بر اساس شواهد وزنی و با استفاده از فناوری GIS، مثال موردی دامنه های حوضه مرک کرمانشاه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۵، صص ۸۵-۱۰۸.

بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۳)، بررسی نقش ویژگی های سازندهای سطحی در وقوع زمین لغزش ها، مطالعه موردی: دامنه های شمالی

- Van Western, C.J., 2002. Use of weights of evidence modeling for landslide susceptibility mapping, P.21.
- 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.
- 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.
- Nefeslioglu, H.A., T.Y., Duman and S., Durmaz., 2008, Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Easten Black Sea Region of Turkey). *Geomorphology*, PP.401-418.
- Yesilnacar, E.K., 2005. The Application of Computational Intelligence to Landslide Susceptibility Mapping in Turkey. Department of Geomatics the University of Melbourne, P.423.
- 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.
- 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.
- Yılmaz, 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.
- Swets, J.A., 1988, Measuring the accuracy of diagnostic systems. PP. 1285-1293.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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*.
- 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.
- 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.
- sakar, S., D.P.Kanungo, G.S. Mehrotar, 1995. Landslide zonation: A case study in garhwal Himalaya. *Mountain Research and Development*, PP.301-30.
- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bulletin System Technol*, 379-423.
- 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.
- 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.
- 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*.
- 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.
- Gomez H., Kavzoglu T., 2005, Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial lneural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela. *Engineering Geology*, PP.11-27.

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

Abstract

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