

ارزیابی و پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از تئوری احتمالاتی دمپستر شفر، در حوضه

آبریز حاجیلرچای استان آذربایجان شرقی

سید اسدالله حجازی^۱ دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز
شهرام روستائی - استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز
مریم رنجبریان شادباد*^۲ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۲۱ تأیید نهایی: ۱۳۹۷/۰۸/۱۶

چکیده

بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش، تهیه نقشه آسیب پذیری و دوری جستن از مناطق مستعد وقوع زمین لغزش می تواند کمک موثری در کاهش خسارت های احتمالی و مدیریت خطر حاصل از این پدیده داشته باشد. بنابراین هدف تحقیق حاضر، ارزیابی و پهنه بندی حوضه حاجیلرچای از لحاظ خطر زمین لغزش می باشد. برای بررسی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در این حوضه ابتدا نقشه ها و لایه های اطلاعاتی عوامل اصلی موثر در رخداد این پدیده از قبیل شیب، جهت شیب، بارش، لیتولوژی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه و طبقات ارتفاعی در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه گردید و سپس با استفاده از تصاویر ماهواره ای و عملیات میدانی زمین لغزش های موجود در منطقه شناسایی شد. با استفاده از تئوری دمپستر - شفر وزن هر یک از فاکتورها محاسبه شد وزن ها در نقشه های عامل وارد شده و برای هر عامل یک نقشه وزنی به دست می آید. در مرحله بعد نقشه های وزنی با هم جمع شده و در نهایت نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش، در پنج رده با خطر بسیار کم تا بسیار زیاد تهیه گردید. نتایج پژوهش نشان دهنده این است که در حدود ۹/۴۳ درصد از مساحت حوضه حاجیلرچای، احتمال وقوع زمین لغزش خیلی زیاد بوده، همچنین ۲۲/۴۳ درصد احتمال وقوع زیاد، ۲۸/۰۹ درصد احتمال وقوع متوسط، ۲۵/۳۳ درصد احتمال وقوع کم و ۱۴/۶۹ درصد احتمال وقوع خیلی کم می باشد.

واژگان کلیدی: پهنه بندی زمین لغزش، تئوری احتمالاتی دمپستر-شفر، سامانه اطلاعات جغرافیایی، حوضه حاجیلرچای.

مقدمه

پدیده زمین لغزش یکی از پدیده های مهم و قابل توجه در مسائل زیست محیطی، آبخیزداری و منابع طبیعی می باشد. اهمیت زمین لغزش ها را می توان از دیدگاه های گوناگونی مورد بحث و بررسی قرار داد. مهم ترین دلیل با اهمیت بودن این پدیده، خسارت های جانی و مالی ناشی از به وقوع پیوستن آن ها می باشد (رجب زاده، ۱۳۹۲: ۲). ایران با داشتن مناطق کوهستانی وسیع، که نیمی از وسعت کشور را تشکیل می دهد، دارا بودن مورفولوژی برخاسته از تکتونیک فعال، شکستگی ها و خردشدگی های فراوان، وجود لیتولوژی حساس و دیگر دلایل از جمله کشورهای آسیب پذیر از نظر وقوع زمین لغزش ها می باشد.

امروزه انسان با تغییر کاربری اراضی و گسترش شبکه های ارتباطی، حساسیت وقوع زمین لغزش ها را در سطح کره زمین، به ویژه در نواحی کوهستانی تشدید کرده است (گورسیسکی و همکاران^۱، ۲۰۰۶: ۱۷۹). کشور ایران، به عنوان یکی از ۱۰ کشور در معرض تهدید مخاطرات طبیعی، تقریباً همه ساله شاهد وقوع انواع مخاطرات ناشی از وقوع زمین لغزش ها است (فیض نیا و احمدی، ۵۲، ۱۳۸۰). در قرن بیستم، قاره آسیا بیشترین حادثه وقوع زمین لغزش (۲۲۰ مورد گزارش شده) را به خود اختصاص داده است. قاره آمریکا بیشترین تعداد کشته و مجروحان را داشته (بیش از ۲۵۰۰ نفر) و اروپا بالاترین میزان خسارات را تجربه کرده است (کریمی، ۱۳۹۱: ۲۲). در ایران در مورد خسارات ناشی از زمین لغزش مطالعاتی صورت گرفته است. چنانچه خسارات ناشی از ۴۹۰۰ زمین لغزش ثبت شده (از سال ۱۳۷۲ تا شهریور ۱۳۸۶) در کشور ۱۲۶۸۹۳ میلیارد ریال برآورد گردیده است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۰). لذا برنامه ریزی برای جلوگیری از این خسارت ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است و موجب جلوگیری از هدر رفتن بسیاری از منابع ملی می گردد. به طور کلی می توان هدف نهایی از بررسی و مطالعه ی زمین لغزش ها را یافتن راه های کاهش خسارت های ناشی از آن ها ذکر کرد. این کار ممکن است به روش های مختلف مانند پهنه بندی خطر زمین لغزش برای تعیین مناطق خطرناک و تهیه ی دستورالعمل ها و آیین نامه ها برای استفاده ی مناسب یا پرهیز از این مناطق به وسیله ی مطالعه ی موردی یک زمین لغزش و ارائه ی راه حل برای کنترل آن یا هر روش دیگر صورت گیرد (سفیدگری، ۱۳۷۲، ۹۲).

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش حوضه آبریز حاجیلر چای می باشد که این حوضه در استان آذربایجان شرقی و در شهرستان ورزقان و بخش هایی از جلفا و مرند واقع شده و یکی از زیر حوضه های ارس به شمار می آید. با توجه به این که یکی از اصولی ترین روش های کاهش اثرات زمین لغزش در حوضه مورد مطالعه، شناسایی مناطق مستعد در برابر وقوع این حادثه طبیعی و پهنه بندی این مناطق بر مبنای حساسیت آن ها نسبت به زمین لغزش است. اقدام به پهنه بندی زمین لغزش با بهره گیری از توانایی های سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و با روش تئوری احتمالاتی دمپستر - شفر گردیده است.

در زمینه ی موضوع مورد مطالعه تحقیقات زیادی در سطح بین المللی و ایران انجام شده است برای مثال کولار و همکاران^۲ (۲۰۰۰)، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در شمال هند را تهیه و بیان کردند که نقشه تهیه شده با زمین لغزش های موجود مطابقت دارد. کماک^۳ (۲۰۰۶)، نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و روش آماری چند متغیره در اسلونی تهیه نمود. در تحقیق کماک مناطقی که از نظر حساسیت زمین لغزش بالا هستند ارتباط نزدیکی با توزیع جاده ها دارند. فان یولیو^۴ (۲۰۰۷)، نقشه پهنه بندی زمین لغزش

^۱. Gorsevski &etal

^۲. Khullar &etal

^۳. Komac

^۴. -Fanyuliu

را با استفاده از روش LNRf و ارزش اطلاعاتی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی برای منطقه لانگن در استان گانسو چین تهیه کرده است. نتایج نشان می‌دهد که روش ارزش اطلاعاتی بیشتر برای مکان‌هایی که دارای زمین لغزش فعال بودند، کارایی بهتری دارد. یلسین^۱ (۲۰۰۸)، نقشه حساسیت زمین لغزش در حوضه آردیس ترکیه را با سه روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فاکتور وزنی (wf) و شاخص آماری (wi) تهیه نمود و نتیجه گرفت که روش AHP مناطق دارای زمین لغزش را نسبت به دو روش دیگر در حوضه مورد مطالعه بهتر نشان می‌دهد. وان^۲ (۲۰۰۹)، با استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری فضایی به استخراج عوامل اصلی زمین لغزش برای تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش در تایوان پرداخت. بندریک و همکاران^۳ (۲۰۱۰)، با استفاده از توزیع دو متغیره آماری به ارزیابی حساسیت زمین لغزش در منطقه کارل اونری در اسلوکی پرداختند. و برای محاسبه وزن لایه‌های مورد بررسی از شاخص آنتروپی استفاده کردند. ژانگ و همکاران^۴ (۲۰۱۲)، در مطالعه‌ای به پهنه بندی خطر زمین لغزش براساس مدل توزیع چند وزنی در مناطق ساحلی جنوب شرق چین پرداختند. بر اساس نتایج این پژوهش این مدل روش مناسبی برای پهنه بندی خطر زمین لغزش می‌باشد.

در ایران نیز مطالعات با ارزشی در زمینه خطر زمین لغزش انجام شده است برای مثال، مرادی و همکاران (۱۳۸۹)، در مقاله‌ای تحت عنوان تحلیل خطر زمین لغزش در استان گلستان با استفاده از تئوری دمپستر شیفر، اقدام به تهیه نقشه‌های عامل و پراکنش زمین لغزش و وزن دهی به هر طبقه کردند. در نهایت نقشه‌های وزنی را با هم جمع و نقشه نهایی پهنه بندی خطر زمین لغزش منطقه در چهار طبقه خطر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تهیه شد. در این تحقیق برای بررسی دقت مدل از روش تحلیل خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه دارد و به عنوان مدلی مناسب برای چنین مناطقی شناخته شده و کاربرد آن در ROC و سطح زیر منحنی استفاده شده است. ارزیابی مدل نشان می‌دهد تئوری دمپستر شیفر دقت قابل قبولی برای مناطقی که شرایط نسبتاً مشابهی با منطقه مورد مطالعه دارند، پیشنهاد می‌شود. زارع و همکاران (۱۳۹۵)، در تحلیل خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز ماسوله با استفاده از تئوری دمپستر شیفر و GIS، براساس ۱۴ عامل موثر، زمین‌شناسی، شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از آغل دام، شاخص قدرت رودخانه، شاخص ترکیب توپوگرافی، وضعیت مرتع، بافت خاک، بارندگی و کاربری اراضی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد، عوامل سازند زمین‌شناسی و فاصله از آغل نقش مهمی در ایجاد خطر زمین لغزش منطقه داشته‌اند. عرب عامری و همکار (۱۳۹۵)، به اولویت بندی عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش در حوضه ونک سمیرم و پهنه بندی و ارزیابی رخداد این پدیده با استفاده از تئوری دمپستر شیفر و تکنیک GIS پرداختند. در این پژوهش، براساس تلفیق نقشه لغزش با نقشه‌های عوامل موثر مانند مقدار شیب، فاصله از جاده، تراکم آبراهه، ارتفاع، بارش، کاربری اراضی، فاصله از گسل، جهت شیب و لیتولوژی تحلیل خطر انجام گرفته و در نهایت احتمال رخداد زمین لغزش‌ها از خطر خیلی زیاد تا خطر خیلی کم طبقه بندی شده است. که ۱۲/۶۸ درصد در رده خیلی زیاد، ۱۲/۷۸ درصد در رده زیاد، ۲۱/۲۴ درصد در رده متوسط، ۲۹/۳۳ درصد در رده کم و ۲۳/۹۶ درصد در رده خیلی کم قرار گرفته‌اند.

در این راستا هدف پژوهش حاضر ارزیابی و بررسی نقش عوامل موثر در ایجاد زمین لغزش‌های حوضه حاجیلرچای در استان آذربایجان شرقی می‌باشد. همچنین تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه و شناسایی نقاط با پتانسیل بالای خطر از دیگر اهداف این پژوهش می‌باشد.

معرفی منطقه مورد مطالعه

^۱. Yalcin

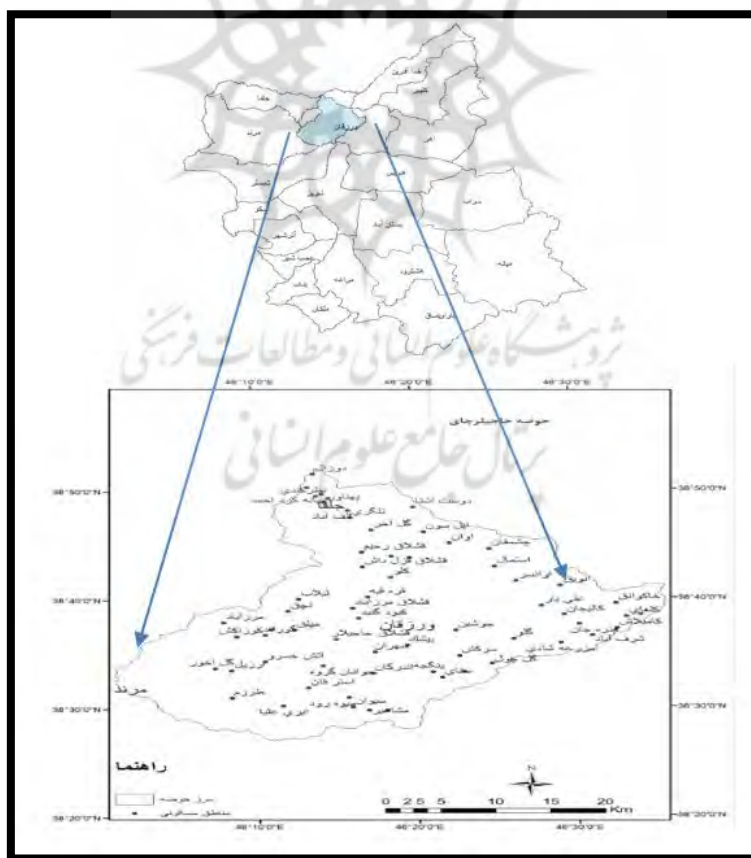
^۲. Wan

^۳. Bendark& etal

^۴. Zhang & etal

محدوده مورد مطالعه موسوم به حوضه آبریز حاجیلر چای با وسعتی معادل ۱۱۵۸/۹۴ کیلومتر مربع در استان آذربایجان شرقی، شهرستان ورزقان و بخش های از جلفا و مرند واقع شده است. محدوده مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۱ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی واقع گردیده است. از نظر هیدرولوژیکی این محدوده از زیر حوضه های ارس محسوب می شود. بیشترین ارتفاع حوضه ۳۲۵۲ متر بوده و حداقل ارتفاع در محل خروجی حوضه ۵۲۱ متر از سطح دریاست.

حوضه آبریز حاجیلر چای به علت وضعیت توپوگرافی که در یک نگاه کلی ناحیه ای کوهستانی است، حساسیت سنگ بستر، عدم وجود پوشش گیاهی و فرسایش رودخانه ای و شرایط اقلیمی از جمله مناطق مستعد و پرخطر به لحاظ وقوع حرکات دامنه ای و خصوصا زمین لغزش محسوب می شود. تعدد زمین لغزش های پراکنده با مقیاس کوچک در سطح حوضه که بیشتر در رسوبات مارنی ° رسی به وقوع می پیوندد و وجود چشمه های بالادست در خط الراس مشرف بر منطقه یکی از عوامل ایجاد این زمین لغزش ها بوده است. سیمای کنونی حوضه آبریز حاجیلر چای، نتیجه رخدادهای زمین ساختی است که در طی دوران های مختلف زمین شناسی به وقوع پیوسته اند. بر اثر این رخدادها و برخورد صفحات تکتونیکی شمالی (توران ° قفقاز) و جنوبی (عربی ° آفریقایی) کشور با صفحه ایران، سنگ های رسوبی چین خورده ، سنگ های دگرگونی ، سنگ های آتشفشانی همگی با رخساره های متنوع تشکیل شده اند. در مناطق مختلف حوضه به علت وضعیت سنگ شناسی یعنی تناوب سازندهای مختلف با ویژگی های سنگ شناسی گوناگون مانند کنگلومرا ، مارن ، سیلت احتمال زمین لغزش وجود دارد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز حاجیلر چای

روش تحقیق

در این تحقیق، ابتدا عوامل موثر در وقوع زمین لغزش حوضه مورد مطالعه (شامل: شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، لیتولوژی، کاربری اراضی، بارش، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه)، با بررسی‌ها و پیمایش‌های میدانی و با توجه به شرایط طبیعی و انسانی منطقه شناسایی گردید. در مرحله بعد لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر یک از عوامل در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید. لایه اطلاعاتی فاصله از آبراهه با رقوم‌سازی از روی نقشه توپوگرافی شهرستان‌های تبریز، ورزقان، سیه رود با مقیاس ۵۰۰۰۰:۱ به دست آمد. با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰:۱ منطقه، لایه DEM با پیکسل‌های ۳۰ متری تهیه شد. با داشتن این لایه با استفاده از عملگرهای موجود در نرم افزار GIS لایه‌های طبقات ارتفاعی، شیب و جهت شیب تهیه شد. لایه‌های اطلاعاتی مربوط به لیتولوژی و گسل با رقوم‌سازی از روی نقشه‌های زمین‌شناسی شهرستان‌های تبریز، ورزقان، سه رود با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شد. به منظور تهیه لایه اطلاعاتی کاربری اراضی از نقشه کاربری اراضی کل استان آذربایجان شرقی استفاده شد. نقشه بارش منطقه مورد مطالعه را با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و باران‌سنجی در داخل حوضه و همچنین ایستگاه‌های مجاور (شور درق، اوپلیق، مردانقم، ارزیل، کهل، آلوچه ملک، کاسین، چرچر، خداآفرین) و با به دست آوردن معادله گرادیان بارش حوضه به دست آوردیم. بعد از این که نقشه‌های عوامل موثر در رخداد این پدیده تهیه و رقوم‌سازی شدند. در مرحله بعد نقشه هر یک از عوامل موثر در محیط GIS با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها تلفیق و تعداد لغزش در هر طبقه به دست آمد. سپس با استفاده از روابط تئوری احتمالاتی دمپستر-شفر وزن طبقه‌های هر عامل مشخص شد و در محیط GIS این وزن‌ها به نقشه اضافه و نقشه‌های وزنی هر فاکتور به دست می‌آید. با وارد کردن وزن‌ها در محیط GIS به نقشه لایه‌های اطلاعاتی، نقشه‌های موضوعی وزنی به دست می‌آید. از جمع این وزن‌ها شاخص حساسیت زمین لغزش محاسبه می‌گردد.

تئوری احتمالاتی دمپستر - شيفر^۱

تئوری دمپستر - شفر، به عنوان تئوری تابع اعتقادات شناخته می‌شود که مبتنی بر احتمالات می‌باشد. این تئوری در سال ۱۹۶۸ توسط دمپستر و در سال ۱۹۷۶ توسط شيفر توسعه یافت اما اصلیت این تئوری به قرن ۱۷ برمی‌گردد. این تئوری بسیار مورد توجه محققین هوش مصنوعی به ویژه در اوایل سال ۱۹۸۰، قرار گرفته است. زمانی که آن‌ها سعی کردند از تئوری احتمالات در سیستم‌های خبره استفاده کنند. درجات اعتقاد تئوری دمپستر^۲ شيفر بسیار مشابه تئوری فاکتور اطمینان بوده و این تشابه، منجر شده که ترکیب این دو تئوری دارای انعطاف‌پذیری بالایی همچون قوانین مبتنی بر سیستم باشد. تئوری دمپستر^۲ شيفر به خاطر انعطاف‌پذیری نسبی آن همواره مورد توجه محققین قرار گرفته است. تئوری مذکور براساس دو ایده اصلی بنیان‌گذاری گردیده است:

۱. تعیین درجات اعتقاد برای یک سوال مبتنی بر احتمالات ذهنی.

۲. تعیین قوانین دمپستر به منظور ترکیب درجات اعتقاد برای بخش‌های مستقل یک واقعه.

نظریه وقوع دمپستر^۲ شفر در واقع یک چارچوب ریاضی برای توصیف داده‌های ناقص تهیه می‌کند. به طور کلی برای تهیه نقشه خطر زمین لغزش با استفاده از این روش از روابط (۱ تا ۵) استفاده می‌گردد (پارک^۲، ۲۰۱۰).

^۱. Dempster - Shafer

^۲. Park

رابطه (۱)

$$\lambda(Tp)_{Eij} = \frac{\frac{N(L \cap E_{ij})}{N(L)}}{\frac{N(E_{ij}) - N(L \cap E_{ij})}{N(A) - N(L)}}$$

که در اینجا $N(L \cap E_{ij})$: تعداد لغزش در هر طبقه

$N(L)$: تعداد کل لغزش منطقه

$N(E_{ij})$: تعداد پیکسل های فاقد لغزش در هر طبقه

$N(A)$: تعداد کل پیکسل های فاقد لغزش منطقه است.

برای وزن یا نمره منفی از فرمول زیر استفاده می شود.

رابطه (۲)

$$\lambda(\bar{T}p)_{Eij} = \frac{\frac{N(L) - N(L \cap E_{ij})}{N(L)}}{\frac{N(A) - N(L) - N(E_{ij}) + N(L \cap E_{ij})}{N(A) - N(L)}}$$

به طور کلی مقدار وزن به دست آمده از روابط (۱ و ۲) در محدوده صفر تا بی نهایت می باشد. از این رو یک مرحله دیگری نیازمند است تا محدوده مورد نظر استاندارد سازی گردد که به صورت روابط زیر انجام می شود:

$$m(Tp)_{Eij} = \frac{\lambda(Tp)_{Eij}}{\sum_i \lambda(Tp)_{Eij}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

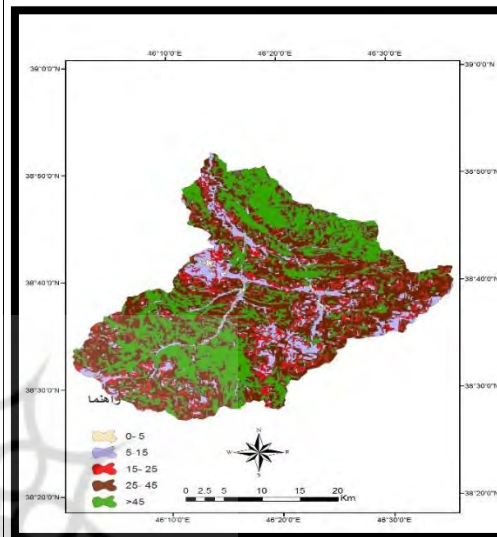
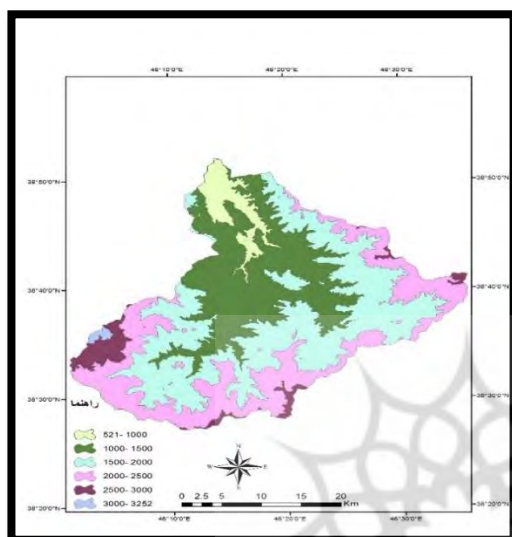
$$m(\bar{T}p)_{Eij} = \frac{\lambda(\bar{T}p)_{Eij}}{\sum_i \lambda(\bar{T}p)_{Eij}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$m(\theta)_{Eij} = 1 - m(Tp)_{Eij} - m(\bar{T}p)_{Eij} \quad \text{رابطه (۵)}$$

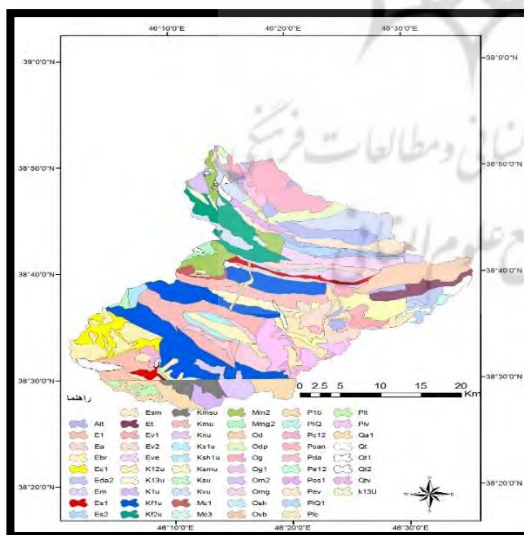
بحث و یافته ها

به منظور تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در محیط نرم افزار GIS، تعداد ۸ عامل براساس ارتباط نزدیک آن ها در وقوع زمین لغزش در حوضه آبریز مورد مطالعه انتخاب شد که این عوامل شامل شیب، جهت شیب، بارش، لیتولوژی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه و طبقات ارتفاعی می باشند و همچنین بعد از انتخاب این عوامل، هر عامل به چندین کلاس طبقه بندی شد. برای تهیه لایه های مربوط به عوامل مختلف و تهیه نقشه های موضوعی در محیط GIS از نقشه های توپوگرافی، نقشه های زمین شناسی، تصاویر ماهواره ای، داده های بارش، استفاده شد. نقشه های موضوعی شیب، جهت شیب و ارتفاع به طور مستقیم با فرمت رستری از لایه DEM منطقه با پیکسل های ۳۰ متری

تهیه شد. ولی دیگر نقشه‌های موضوعی از قبیل نقشه، فاصله از گسل، سنگ شناسی، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه با فرمت وکتوری تهیه شد و با نقشه پراکنش زمین لغزش‌های حوضه تلفیق شد از تلفیق نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها با نقشه عوامل مورد نظر تعداد پیکسل‌های لغزش یافته در هر طبقه از لایه‌های اطلاعاتی به دست آمد و با استفاده از مدل تئوری احتمالاتی دمپستر- شفر نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در پنج طبقه در حوضه آبریز حاجیلرچای تهیه شد. طبقه‌هایی که حساسیت بیشتری دارند در این مدل وزن کمتری به خود اختصاص می‌دهند.



شکل ۲: نقشه شیب حوضه آبریز حاجیلرچای شکل ۳: نقشه طبقات ارتفاعی حوضه آبریز حاجیلرچای



جدول ۲: وزن طبقات عامل جهت شیب در وقوع زمین لغزش با استفاده از تئوری احتمالاتی دمپستر- شفر

مطلوبیت تابع $m(\theta)_{Eij}$	تابع ناباور $m(\bar{T}_p)_{Eij}$	تابع باور $m(Tp)_{ij}$	پیکسل های لغزشی	پیکسل های هر رده	طبقات	جهت شیب
۰/۸۳۹	۰/۱۱۵	۰/۰۴۶	۲۶	۸۴۳۲۰	سطح	
۰/۷۹	۰/۱۱۴	۰/۰۹۶	۱۰۸	۱۷۰۳۸۷	شمال	
۰/۶۵۹	۰/۰۹۲	۰/۲۴۹	۲۶۶	۱۶۳۲۴۵	شمال شرق	
۰/۸۰۹	۰/۱۱۵	۰/۰۷۶	۶۱	۱۲۰۴۲۲	شرق	
۰/۸۵۱	۰/۱۲۵	۰/۰۲۴	۳۱	۱۸۷۳۶۹	جنوب شرق	
۰/۸۲۵	۰/۱۱۸	۰/۰۵۷	۵۷	۱۴۹۲۶۵	جنوب	
۰/۷۶۸	۰/۱۱۰	۰/۱۲۲	۱۴۲	۱۷۷۲۳۸	جنوب غرب	
۰/۶۸۴	۰/۰۹۵	۰/۲۲۱	۲۵۵	۱۷۵۴۸۴	غرب	
۰/۷۸۵	۰/۱۱۱	۰/۱۰۴	۴۱	۵۹۲۰	شمال غرب	

جدول ۳: وزن طبقات عامل فاصله از گسل در وقوع زمین لغزش با استفاده از تئوری احتمالاتی دمپستر- شفر

مطلوبیت تابع $m(\theta)_{Eij}$	تابع ناباور $m(\bar{T}_p)_{Eij}$	تابع باور $m(Tp)_{ij}$	پیکسل های لغزشی	پیکسل های هر رده	طبقات	فاصله از گسل
۰/۶۲۸	۰/۲۰۵	۰/۱۶۷	۶۴	۱۰۸۶۵۱	۰-۵۰۰	
۰/۶۴	۰/۲۰۸	۰/۱۵۲	۷۰	۱۳۰۹۹۹	-۱۰۰۰ ۵۰۰	
۰/۵۲	۰/۱۷۵	۰/۳۰۵	۳۴۴	۳۲۳۲۶۵	-۲۰۰۰ ۱۰۰۰	
۰/۶۶۳	۰/۲۳۱	۰/۱۰۶	۱۰۹	۲۹۳۰۴۰	-۳۰۰۰ ۲۰۰۰	
۰/۵۶۵	۰/۱۶۸	۰/۲۶۷	۴۰۰	۴۳۱۰۶۵	>۳۰۰۰	

جدول ۴: وزن طبقات عامل کاربری اراضی در وقوع زمین لغزش با استفاده از تئوری احتمالاتی دمیستر- شفر

تابع مطلوبیت $m(\theta)_{Eij}$	تابع ناباور $m(\bar{T}_p)_{Eij}$	تابع باور $m(Tp)_{ij}$	بیکسل های لغزشی	بیکسل های هر رده	طبقات	کاربری اراضی
۰/۹۰۸	۰/۰۹۲	۰	۰	۱۸۸۶۸	اراضی کشاورزی	
۰/۲۵۳	۰/۰۸۱	۰/۶۶۶	۱۱۳	۱۵۳۲۸	اراضی دیم	
۰/۹۰۹	۰/۰۹۱	۰	۰	۳۷۴۰	باغات	
۰/۸۹۶	۰/۰۹۱	۰/۰۱۳	۳	۱۹۱۷۲	جنگل ضعیف	
۰/۸۶۴	۰/۰۹۷	۰/۰۳۹	۱۰۳	۲۱۸۱۵۹	جنگل متراکم	
۰/۸۳۶	۰/۰۸۶	۰/۰۷۸	۲۲۶	۲۴۱۸۰۹	جنگل متوسط	
۰/۸۹۵	۰/۱۰۵	۰	۱۱۱	۳۰۳۹۱۳	جنگل خیلی ضعیف	
۰/۸۳۸	۰/۰۸۶	۰/۰۷۶	۲۱۵	۲۳۵۵۶۶	درختزار	
۰/۸۲۳	۰/۰۸۳	۰/۰۹۴	۲۱۶	۱۹۱۷۱۲	مراتع خوب	
۰/۹۰۹	۰/۰۹۱	۰	۰	۷۳۵۴	مراتع متوسط	
۰/۹۰۷	۰/۰۹۳	۰	۰	۳۱۳۹۹	مراتع ضعیف	

جدول ۵: وزن طبقات عامل لیتولوژی در وقوع زمین لغزش با استفاده از تئوری احتمالاتی دمیستر- شفر

تابع مطلوبیت $m(\theta)_{Eij}$	تابع ناباور $m(\bar{T}_p)_{Eij}$	تابع باور $m(Tp)_{ij}$	بیکسل های لغزشی	بیکسل های هر رده	طبقات	لیتولوژی
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	۰	۰	۵۷۴۱۰	Alt	
۰/۹۲۶	۰/۰۱۷	۰/۰۵۷	۲۰	۱۴۸۲۴	E ¹	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	۰	۰	۱۵۴۱۵	E ^a	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	۰	۰	۳۵۸۰۷	E ^{br}	
۰/۹۵۸	۰/۰۱۷	۰/۰۲۵	۱۷	۲۸۱۵۵	E ^{c1}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	۰	۰	۹۳۴۷	E ^{da2}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	۰	۰	۱۳۴۰۱	E ^m	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	۰	۰	۱۵۴۶۵	E ^{s1}	
۰/۹۷۵	۰/۰۱۸	۰/۰۰۷	۲	۱۱۰۲۹	E ^{s2}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	۰	۰	۲۰۹۹	E sm	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	۰	۰	۱۵۶۷۲	E ^{v1}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	۰	۰	۲۶۸۱۱	E ^{v2}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	۰	۰	۴۲۵۸۷	Eve	
۰/۹۶۷	۰/۰۱۸	۰	۲۴	۶۳۰۶۹	K _u ¹²	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	۰	۰	۲۱۱۳۴	K _u ¹³	
۰/۶۰۹	۰/۰۱۶	۰/۳۷۵	۸۲	۱۰۴۰۳	K _u ¹	
۰/۸۷۶	۰/۰۱۲	۰/۱۱۲	۴۱۷	۱۵۵۰۰۲	K _u ^{f1}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	۰	۰	۴۸۸۳۰	K _u ^{f2}	
۰/۹۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۷۵	۳۱	۱۶۸۲۲	K _u ^{ms}	

۰/۹۸۱	۰/۰۱۷	۰/۰۰۲	۱۰۱	۹۸۲۶۳	K_u^m	لیتولوژی
۰/۸۸۸	۰/۰۱۷	۰/۰۹۵	۴۸	۲۰۷۲۸	K_u^n	
۰/۹۶۳	۰/۰۱۸	۰/۰۱۹	۵	۱۱۲۷۶	K_u^{s1}	
۰/۹۷۲	۰/۰۱۸	۰/۰۱۰	۷	۲۸۸۹۳	K_u^{sm}	
۰/۹۶۷	۰/۰۱۸	۰/۰۱۵	۱	۳۳۷۰	K_u^s	
۰/۹۷۹	۰/۰۱۸	۰/۰۰۳	۶	۶۱۸۹۶	K_u^v	
۰/۹۷۵	۰/۰۱۸	۰/۰۰۷	۱	۵۴۷۰	M_1^c	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۱۸۲۷	M_3^c	
۰/۹۷۵	۰/۰۱۸	۰/۰۰۷	۷	۳۹۶۴۰	M_2^m	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۵۲۶۳	M_2^{mg}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۱۷۷۰	O^{dp}	
۰/۹۸	۰/۰۱۸	۰/۰۰۲	۳	۵۷۰۷۰	O^g	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۱۱۱۹۸	O^{g1}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۶۶۴۰	O^{m2}	
۰/۹۸۱	۰/۰۱۸	۰/۰۰۱	۱	۲۴۷۴۰	O^{mg}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۲۳۵۲	O^{sh}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۷۸۱۹	O^{vb}	
۰/۹۸۴	۰/۰۱۵	۰/۰۰۱	۱۸۸	۴۷۷۴۵	PI^b	
۰/۸۹۵	۰/۰۱۸	۰/۰۸۷	۱۱	۵۲۰۵	Pc^{12}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۹۷۷۵	Pe^{s1}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۲۸۱۹۲	Pe^v	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۴۴۸۴	PIQ	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۳۵۰۳۰	Plc	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۴۸۱۶	PIQ^1	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۲۰۴۸	PI^t	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۴۰۸۱۳	PI^v	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۱۳۱۲۴	Q^{al}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۹۰۱۶	Q^t	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۱۰۸۳۱	Q^{t1}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۷۲۲۹	Q^{2}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۵۱۴۳	Q^{tv}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۴۷۵۵۹	O^d	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۱۰۳	E^t	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۱۲۳۴	Pc^{an}	
۰/۹۳۹	۰/۰۱۸	۰/۰۴۳	۱۱	۱۰۸۷۰	P^{da}	
۰/۹۸۲	۰/۰۱۸	.	.	۲۲۵۸	Pe^{12}	
۰/۹۵۱	۰/۰۱۸	.	۴	۶۰۸۰	Ksh_u^1	

جدول ۶: وزن طبقات عامل بارش در وقوع زمین لغزش با استفاده از تئوری احتمالاتی دمپستر- شفر

طبقات	پیکسل های هر رده	پیکسل های لغزشی	تابع باور $m(Tp)_{ij}$	تابع ناباور $m(\bar{T}_p)_{Eij}$	تابع مطلوبیت $m(\theta)_{Eij}$	طبقات بارش
-۳۹۳/۷۶ ۳۷۰/۱۵	۱۰۲۶۴۰	۲۲۲	۰/۳۹۷	۰/۱۶۰	۰/۴۴۳	
-۴۰۶/۲۶ ۳۹۳/۷۶	۱۵۹۶۹۸	۱۲۴	۰/۱۴۱	۰/۱۹۰	۰/۶۶۹	
-۴۱۹/۱۱ ۴۰۶/۲۶	۲۵۸۶۴۹	۳۸۲	۰/۲۷۰	۰/۱۴۵	۰/۵۸۵	
-۴۳۶/۴۸ ۴۱۹/۱۱	۵۸۴۰۶۸	۱۰۰	۰/۰۳۱	۰/۳۱۳	۰/۶۵۶	
-۴۵۸/۷۰ ۴۳۶/۴۸	۱۸۱۹۶۵	۱۵۹	۰/۱۵۹	۰/۱۸۹	۰/۶۵۲	

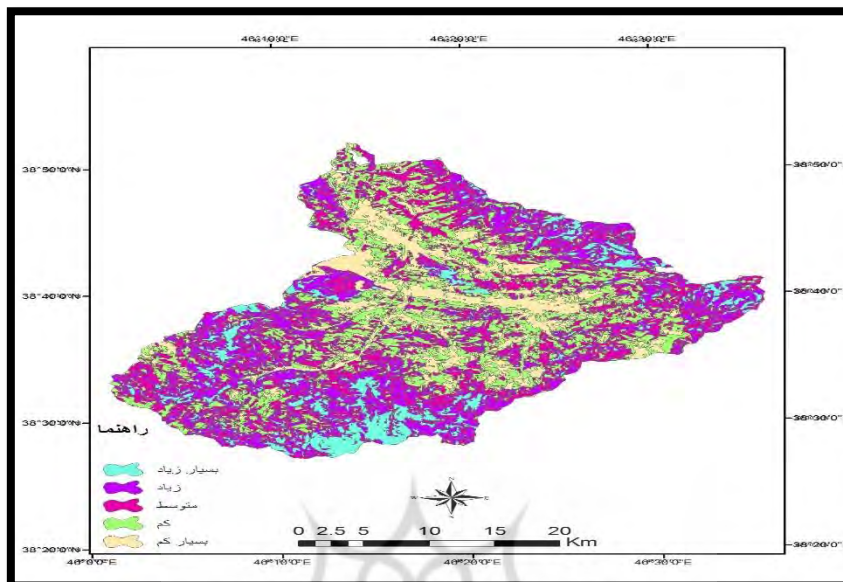
جدول ۷: وزن طبقات عامل ارتفاعی در وقوع زمین لغزش با استفاده از تئوری احتمالاتی دمپستر- شفر

طبقات	پیکسل های هر رده	پیکسل های لغزشی	تابع باور $m(Tp)_{ij}$	تابع ناباور $m(\bar{T}_p)_{Eij}$	تابع مطلوبیت $m(\theta)_{Eij}$	طبقات ارتفاعی
۵۰۰-۱۰۰۰	۶۲۵۰۶	۰	۰	۰/۱۷۵	۰/۸۲۵	
-۱۵۰۰ ۱۰۰۰	۳۵۸۰۹۲	۲۸	۰/۰۲۲	۰/۲۲۴	۰/۷۵۴	
-۲۰۰۰ ۱۵۰۰	۴۸۸۰۹۰	۳۸۷	۰/۲۳۳	۰/۱۶۳	۰/۶۰۴	
-۲۵۰۰ ۲۰۰۰	۳۰۷۸۴۶	۵۱۷	۰/۴۹۵	۰/۱۰۴	۰/۴۰۱	
-۳۰۰۰ ۲۵۰۰	۶۵۲۵۳	۵۵	۰/۲۴۸	۰/۱۶۵	۰/۵۸۷	
>۳۰۰۰	۵۲۳۳	۰	۰	۰/۱۶۷	۰/۸۳۲	

جدول ۸: وزن طبقات عامل فاصله از آبراهه در وقوع زمین لغزش با استفاده از تئوری احتمالاتی دمپستر- شفر

طبقات	پیکسل های هر رده	پیکسل های لغزشی	تابع باور $m(Tp)_{ij}$	تابع ناباور $m(\bar{T}_p)_{Eij}$	تابع مطلوبیت $m(\theta)_{Eij}$	فاصله از آبراهه
۰-۵۰۰	۲۲۹۶۷۵	۱۹۷	۰/۲۴۴	۰/۱۷۳	۰/۵۸۳	
۵۰۰-۱۰۰۰	۳۲۳۵۲۱	۲۸۴	۰/۲۵۰	۰/۱۶۹	۰/۵۸۱	
۱۰۰۰-۱۵۰۰	۳۸۶۵۱۴	۲۰۰	۰/۱۴۷	۰/۲۰۲	۰/۶۵۱	
۱۵۰۰-۲۰۰۰	۲۰۶۰۶۹	۱۱۳	۰/۰۵۴	۰/۲۸۸	۰/۶۵۸	
>۲۰۰۰	۱۴۱۲۴۱	۱۹۳	۰/۳۰۲	۰/۱۶۶	۰/۵۳۲	

در نهایت نقشه های وزنی با هم جمع و نقشه نهایی پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه آبریز حاجیلرچای در پنج طبقه خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم، بسیار کم تقسیم بندی شد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از تئوری احتمالاتی دمپستر - شفر در حوضه آبریز حاجیلرچای

جدول ۹: مساحت کلاس های طبقه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از تئوری احتمالاتی دمپستر-شفر

درصد	مساحت (Km ²)	شدت خطر
۹/۴۳	۱۰۹/۳۷	بسیار زیاد
۲۲/۴۳	۲۶۰/۰۲	زیاد
۲۸/۰۹	۳۲۵/۶	خطر متوسط
۲۵/۳۳	۲۹۳/۶۱	کم
۱۴/۶۹	۱۷۰/۳۴	بسیار کم

نتیجه گیری

ویژگی های توپوگرافی، اقلیمی و زمین شناسی حوضه حاجیلرچای این حوضه را مستعد وقوع انواع زمین لغزش ها کرده است. لذا، شناسایی اراضی مستعد وقوع زمین لغزش، جهت اجرای روش های پیش گیری و کنترل کننده از ضروریات مدیریت منابع طبیعی و برنامه ریزی های توسعه ای و عمرانی می باشد. در این پژوهش سعی شد، در چارچوب مدل دمپستر- شفر و هم چنین بهره گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی، تاثیر مولفه های دخیل در وقوع زمین لغزش های حوضه مورد توجه قرار گیرد و به پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در سطح حوضه حاجیلرچای اقدام شود. بررسی ها نشان می دهد که فاکتورهای شیب، جهت شیب، بارش، لیتولوژی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه و طبقات ارتفاعی عوامل موثر در بروز زمین لغزش های منطقه به شمار می آیند. نتایج حاصل از اجرای تئوری احتمالاتی دمپستر- شفر به صورت زیر می باشد و در جداول (۸ تا ۱۱) ارائه شده است:

نتایج حاصل از تلفیق نقشه زمین لغزش ها با عامل شیب نشان می دهد که طبقه ی شیب >45 با وزن $0/258$ بیشترین حساسیت را نسبت به وقوع زمین لغزش داشته است. نتایج بررسی جهت شیب نشان می دهد که جهات شمال شرقی و غرب حوضه به ترتیب با وزن های $0/659$ و $0/684$ حساسیت بیشتری نسبت به زمین لغزش دارند. بررسی ارتباط فاصله از گسل و لغزش نشان می دهد که فاصله $2000-1000$ متری از گسل بیشترین میزان زمین لغزش ها را داراست. ارتباط

کاربری اراضی و وقوع زمین لغزش نشان می دهد کاربری اراضی دیم دارای بیشترین حساسیت نسبت به وقوع زمین لغزش است. از بین واحدهای سنگ شنسی واحد K^1_{II} (دربگیرنده آهک های دوباره تبلور یافته) با وزن ۰/۶۰۹ و واحد K^{fl}_{II} (دربگیرنده نهشته های تیپ فیلیش) با وزن ۰/۸۷۶ حساسیت بیشتری را از خود نشان می دهند. نتایج حاصل از بررسی عامل بارش نشان می دهد که طبقات ۳۹/۷۶-۳۷۰/۱۵ و ۴۱۹/۱۱ و ۴۰۶/۲۶ به ترتیب با وزن های ۰/۴۴۳ و ۰/۵۸۵ بیشترین حساسیت را نسبت به وقوع زمین لغزش دارند. بررسی عامل فاصله از آبراهه نشان می دهد که فواصل >2000 متری از آبراهه نسبت به وقوع زمین لغزش حساسیت بیشتری دارند. و نتایج حاصل از بررسی طبقات ارتفاعی نشان می دهد که طبقات ۲۵۰۰-۲۰۰۰ و ۳۰۰۰-۲۵۰۰ متری بیشترین میزان لغزش را دارند.

از کل مساحت منطقه (۱۱۵۸/۹۴ کیلومتر مربع)، ۹/۴۳ درصد از مساحت (۱۰۹/۳۷ کیلومتر مربع) در رده خطر بسیار زیاد، ۲۲/۴۳ درصد از مساحت (۲۶۰/۰۲ کیلومتر مربع) در رده خطر زیاد، ۲۸/۰۹ درصد از مساحت (۳۲۵/۶ کیلومتر مربع) در رده خطر متوسط، ۲۵/۳۳ درصد از مساحت (۲۳۹/۶۱ کیلومتر مربع) در رده خطر کم و ۱۴/۶۹ درصد از مساحت (۱۷۰/۳۴ کیلومتر مربع) در رده خیلی کم قرار گرفته اند.

منابع

- رجب زاده، حمیدرضا (۱۳۹۲)، ارزیابی و پهنه بندی احتمال خطر زمین لغزش در حوضه آبریز گدارچای نقده، با استفاده از II, S پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، صص ۱-۱۱۶.
- زارع، محمد؛ جودی، محمد حسن؛ عسگری زاده، دیانا؛ سالاریان، تینا؛ فخرقازی، مونا؛ ۱۳۹۵؛ تحلیل خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز ماسوله با استفاده از تئوری دمپستر شفر و I, I ، پژوهش نامه مدیریت حوضه آبخیز؛ شماره ۱۳.
- سفیدگری، رضا، ۱۳۷۲، مجموعه سخنرانی های نخستین گردهمایی کارشناسان معاونت آبخیزداری پیرامون پدیده زمین لغزش، معاونت آبخیزداری جهاد سازندگی، دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها، ص ۹۲.
- عرب عامری، علیرضا؛ شیرانی، کورش؛ ۱۳۹۵؛ اولویت بندی عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش و پهنه بندی خطر آن با استفاده از تئوری احتمالاتی دمپستر شفر (مطالعه موردی: حوضه ونک سمیرم، استان اصفهان)؛ نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز؛ شماره ۱.
- فیض نیا، سادات، احمدی، حسن، ۱۳۸۰، پهنه بندی خطر زمین لغزش (حوضه آبریز شلمانرود در استان گیلان)، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۳، ص ۵۲.
- کرمی، فریبا، ۱۳۹۱، ارزیابی حساسیت زمین لغزش در حوضه های کوهستانی نیمه خشک، با استفاده از روش های آماری و مدل وزنی شاهد(مطالعه موردی:حوضه زهکشی سعیدآبادچای- شمال غرب ایران)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳.
- مرادی، حمیدرضا؛ محمدی، مجید؛ پورقاسمی، حمیدرضا؛ مصطفی زاده، رئوف؛ ۱۳۸۹؛ تحلیل خطر زمین لغزش در استان گلستان با استفاده از تئوری دمپستر شفر؛ پژوهش های دانش زمین؛ شماره ۳.
- مرادی، حمیدرضا، محمدی، مجید، پورقاسمی، حمیدرضا، ۱۳۹۱، حرکات دامنه ای (حرکات توده ای) با تاکید بر روشهای کمی تحلیل وقوع زمین لغزش، انتشارات سمت، ص ۲.
- $rrrrrr r, M Muuulvva . Mtt y, M .. Mssscill oo M ())))$, sssss side
 $sss eett iii lit Assessmnt of th klill nnnn - Litt sss k Miuul Rii lwsss sss st$,
 $sss issadhhhhllhhhtyy.ff thtttttt tttttttt ttt - 111.$
- $i .))))) tt lllll l uussptibilit Mppii sss dd GI .. w.th$
 $vvvrriat... ttt istiss sss esst innnnmnnn rr iiiii iiccc ll l i$
- $Gsssvvkk.PPV. G.. ler P l,,, ll litt WW ll t))))) Sttt ill l .. d.$
 $taaaaaadddd.. ii btt effff lallll i sss cttt ibi.itvGGG. lllll l,,,,, ,,,, -$
- $. ll l V K, rrrr mm, P nnnnnnnn K (2) A GI pppraa in tee$
 $.ssss li.... o lwttt ll iiiii tttttt ttt mmitonnn.....$

- lllll l... : prceedi .f.t 8th intrrntt iaaal ymoosimm lssss liss
1111-.
- K.. ,M(6666) A lssss lid ssseepilit molll .uii ng t yyyyyiaal Hirrrryyy preess
mtt multiaaiiate ttt itti i rrr.ll pi.. ll eee. i Goooo oodlyyy .. l. 44 .. .
77-88
- NWW0000 ppplictt .o.. ff . mmptte - sfff rrrtrrrr o. vvinnnee t . I - eeed
lssss li.... cccttt iii li.. aaad.. i,, vvvvirmmrttt .. Elett hiiii ñññI 00 ... 7/s15555 -
000 . 1111.- 5 111-338
- W ())))) . tttt ial. ccisi yyst frt.ttt rttt igg th oore ccc trr nnd
oooooooo f sssss si ssseett ibilit M iii eee.. Glll ool 888 ..777
. 111.
- Yl ci . (8888) GI -. eeee ldddlliee. . ssttt i.. lit mpppi iii n.
.... ytilll hieraaa rreeess ii rrriat ttt istic irrrreeee (trree.. : rrrrrr rsss
ff .ss. lt .iaaatinnAAAA. Aooo@ppppppppp1
- W... W. Q(ññ sss lid ii s iii aaee o oott riuutinn of
ttt ttakk Met nner rrcciii .. l 66 888-333.

