

جغرافیا و توسعه - شماره ۱۲ - پاییز و زمستان ۱۳۸۷

صص: ۱۹۸-۱۸۱

وصول مقاله: ۱۳۸۵/۹/۱۹

تأیید نهایی: ۱۳۸۷/۳/۱۰

## پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه چرمه شهرستان سنقر استان کرمانشاه

علی قربانپور  
کارشناس ارشد جغرافیا

دکتر امجد ملکی<sup>۱</sup>  
استادیار جغرافیا دانشگاه رازی کرمانشاه

### چکیده

حوضه‌ی آبریز چرمه در شمال شهرستان سنقر در استان کرمانشاه واقع شده است. این حوضه جزئی از حوضه‌ی رودخانه گاوهرود است که پس از عبور از استان کرمانشاه به رودخانه‌ی سیروان وارد می‌شود و پس از عبور از مرز ایران وارد کشور عراق می‌شود. حوضه‌ی مذکور از لحاظ زمین‌شناسی جزئی از زون سندج-سیرجان می‌باشد. نفوذناپذیر بودن سنگ زیر بنا (سنگ‌های دگرگونی و آذرین)، بارش فراوان و شیب و ارتفاع زیاد این حوضه را از لحاظ وقوع زمین‌لغزش بسیار آسیب‌پذیر ساخته است. ۹ نقشه شامل شیب، کاربری اراضی، ارتفاع، لیتولوژی، حساسیت سنگ به فرسایش، آب و هوا، هم‌باران، هم‌دما و پوشش گیاهی در سیستم اطلاعات جغرافیایی همپوشانی داده شده‌اند و از طریق چهار روش تراکم سطح، قضاوت کارشناسی (تحلیل سلسله مراتبی)، وزن متغیرها و ارزش اطلاعاتی نقشه‌های خطر زمین‌لغزش این حوضه تهیه گردیده است. در نهایت از بین نقشه‌های تهیه شده به روش‌های مذکور نقشه‌ی حاصل از روش قضاوت کارشناسی بیشترین تناسب را با زمین‌لغزش‌های مشاهده شده در حوضه، داشته است. با استفاده از این روش و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS پهنه‌های مستعد زمین‌لغزش در سطح محدوده‌ی مورد مطالعه شناسایی و به صورت دقیق‌ترین نقشه‌ی پهنه‌بندی ارایه گردیده است. بطوری‌که کمترین خطر لغزش در بخش‌های جنوبی حوضه و بیشترین خطر در بخش‌های شمالی حوضه به علت عمده‌ای جنس زمین‌شناسی و شیب زیاد واقع شده است که این امر می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مختلف مد نظر برنامه‌ریزان قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: زمین‌لغزش، سیستم اطلاعات جغرافیایی، چرمه، پهنه‌بندی.

## مقدمه

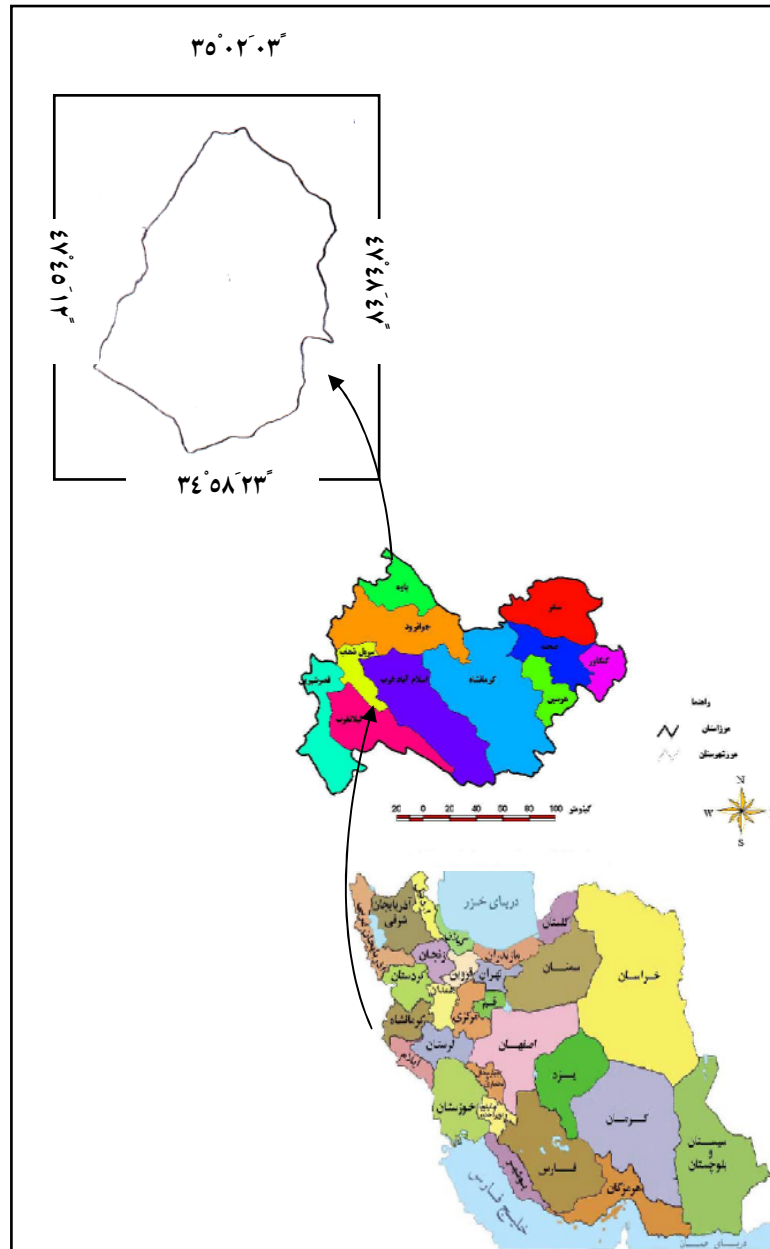
حوضه آبریز "چرمه" سنقر به دلایلی جزء مناطق حساس و آسیب‌پذیر در این زمینه (خطر زمین‌لغزش) می‌باشد. از جمله این دلایل می‌توان قرار گرفتن منطقه در زون سنندج- سیرجان، نفوذناپذیر بودن سنگ‌های پایه، سست بودن رسوبات فوقانی آن - که از رسوبات کواترنری حساس دوران چهارم زمین‌شناسی می‌باشد - ضعف پوشش گیاهی، چرای مفرط دام‌ها، ارتفاع زیاد و بارش‌های فراوان را برشمرد. تهیه نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در این حوضه از لحاظ آبخیزداری و جلوگیری از فرسایش بی‌رویه خاک نیز اهمیت دارد. هدف از انجام این پژوهش شناخت عمده‌ترین عوامل وقوع زمین‌لغزش در این حوضه و تقسیم آن به درجات مختلف - از لحاظ خطر زمین‌لغزش - می‌باشد.

در کمتر از چهار دهه روش‌های GIS به عنوان شیوه‌های سریع برای دستیابی به نقشه‌های حساسیت رواج یافته است. (آن بالاگان ۱۹۹۲، رادبروچ و ونت ورس، رادبروچ و کرودر، مورا و وارسون ۱۹۹۳)، و کمتر از یک دهه است که این روش در کشور ما به کار گرفته شده است و از لحاظ فنی توسعه یافته است.

علی کمک‌پناه، امیر جعفری چدنی، سیدمنتظرالقائم ۱۳۷۱ - محمد غفوری و علیرضا عاشوری ۱۳۷۷ - شهرام روستایی ۱۳۸۰ - ایرج جباری ۱۳۸۱ - علی فرهنگ فر و علی کمک‌پناه ۱۳۷۳ در این زمینه تلاش بسیاری انجام داده‌اند.

## معرفی حوضه‌ی مورد تحقیق

حوضه‌ی آبریز چرمه، با مساحتی حدود ۲۲/۰۲ کیلومتر مربع و محیطی برابر با ۲۰/۱ کیلومتر مربع یکی از زیرحوضه‌های رودخانه گاوهرود است که در قسمت شمال‌شرقی شهرستان سنقر قرار دارد. این حوضه از سرشاخه‌های حوضه سد گاوشان می‌باشد که در محدوده‌ی جغرافیایی ۱۲° ۴۵' ۴۷" تا ۴۷° ۴۸' ۴۷" طول شرقی و ۲۳° ۵۸' ۳۴" تا ۲۵° ۰۲' ۰۳" عرض شمالی واقع گردیده است. فاصله‌ی این حوضه تا شهرستان سنقر ۳۰ کیلومتر و در منتهی‌الیه شمال شرقی استان کرمانشاه واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع متوسط حوضه ۲۶۵۲ متر می‌باشد و بیشتر شیب حوضه بین ۳۰-۶۰ درصد می‌باشد. اقلیم غالب منطقه نیمه‌خشک سرد و در ارتفاعات نیمه‌مرطوب می‌باشد. متوسط بارش سالانه حوضه ۴۰۷/۵ میلی‌متر است. از لحاظ زمین‌شناسی هم همانطور که قبلاً ذکرگردید این حوضه در زون سنندج سیرجان قرار گرفته که سنگ‌های دگرگونی و آذرین بیشترین سنگ‌های پایه آن را تشکیل می‌دهند.



شکل ۱: موقعیت حوضه‌ی چرمه

### مواد و روش‌های تحقیق

بیشتر محققین در پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌ها از نظر نوع و تعداد، عوامل متعددی را به کار برده‌اند برای مثال مورا و وارسون (۱۹۹۴: ۵۸-۱۹) از پنج عامل استفاده کرده‌اند و یا آبنالگان (۱۹۹۲: ۱۶۸-۱۶۱) از هفت عامل استفاده کرده است. در تحقیقی توسط اداره راه ژاپن بیشتر به ساختار و ساختمان و توپوگرافی پرداخته شده تا پوشش گیاهی و زلزله (شریعت‌جعفری، ۱۳۷۵: ۱۹۷-۱۹۳).

### پرسشنامه و عکس‌های هوایی

بعد از اینکه کار تحقیقی بر روی حوضه‌ی چرمه آغاز شد، پرسشنامه‌ی ثبت اطلاعات از عکس‌های هوایی، از دفتر مطالعات و ارزیابی معاونت آبخیزداری استان گرفته شد. این پرسشنامه که در بانک اطلاعات زمین‌لغزش‌های کشور موجود است، شامل مشخصات عمومی منطقه، مشخصات منابع مورد استفاده عکس‌های هوایی منطقه در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰، نوع حرکت زمین‌لغزش، جهت حرکت و مصالح درگیر زمین‌لغزش می‌باشد.

### عملیات میدانی

پس از اینکه زمین‌لغزش‌های حوضه توسط عکس‌های هوایی شناسایی شد، اقدام به بازدید میدانی گردید. به کمک عکس‌های هوایی و بازدید میدانی ۵ زمین‌لغزش مهم در حوضه‌ی مورد مطالعه شناسایی و توسط GPS ثبت و تحت‌نام زمین‌لغزش‌های ۱۱ الی ۵ نام‌گذاری گردید.

### نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای

بعد از شناسایی زمین‌لغزش‌ها، با استفاده از عکس‌های هوایی و بازدیدهای میدانی با استفاده از منابع معتبر و بر اساس نظر دانشمندان علوم زمین اقدام به شناسایی نوع و تعداد عوامل مؤثر در پهنه‌بندی منطقه گردید. در این راستا نقشه‌های کاربری اراضی، اشکال فرسایش، پوشش گیاهی، هم باران، آب و هوا، لیتولوژی، حساسیت سنگ به فرسایش، طبقات شدت فرسایش، نفوذپذیری واحدهای سنگی، خاک، شیب، جهت گسل، ارتفاع و پتانسیل منطقه تهیه گردید.

برخی از نقشه‌های فوق، با استفاده از نقشه‌ی توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه‌های زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای تهیه شد و برخی از مدیریت آبخیزداری استان دریافت شد.

### نرم‌افزارهای: Arcinfo، Arcview، Autocad، SPSS، ilwis

جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه مورد مطالعه مراحل زیر طی شده است:

#### مرحله اول - رقومی نمودن نقشه‌ها

پس از اینکه نقشه‌ها تهیه شد در محیط‌های Arcinfo و arcview نقشه‌ها رقومی شدند.

#### مرحله دوم - انتخاب نقشه‌های مؤثر به کمک روش‌های آمار

پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز و تهیه‌ی نقشه‌های رقومی عامل، مناسبترین آزمون برای مطالعه‌ی ارتباط نقشه‌های عامل با نقشه‌های وابسته (زمین‌لغزش) آزمون مربع کای (خی دو یا کای دو) بوده است. آزمون کای دو برای تأیید یا رد فرضیه صفر که بر مبنای عدم تأثیر عوامل بر روی وقوع زمین‌لغزش‌های حوضه می‌باشد انجام گرفت. این آزمون بدین ترتیب است که به نسبت مساحت هر یک از عوامل، فراوانی مشاهده شده و قابل انتظار، مورد آزمون قرار می‌گیرند و در نهایت کای دو محاسبه شده با کای دو جدول مقایسه می‌شود. در صورت بزرگ‌تر بودن کای دو محاسبه شده از کای دو جدول، فرضیه‌ی صفر رد می‌شود و نقشه‌ی مذکور وارد مطالعه برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش می‌شود و در صورت عدم احراز شرایط، نقشه‌ی مورد نظر کنار گذاشته می‌شود (جباری، ۱۳۸۱: ۲۰۸-۱۹۵).

از آنجا که نقشه‌ی طبقات شدت فرسایش، دارای یک طبقه بوده و در جدول کای دو مقایسه، برای نقشه‌هایی که دارای یک طبقه هستند، عددی ذکر نگردید، بدین ترتیب نقشه‌ی شدت فرسایش هم نتوانست وارد پهنه‌بندی گردد.

سرانجام از ۱۶ نقشه‌ی مورد آزمون ۹ نقشه شامل: شیب، حساسیت سنگ به فرسایش، پوشش گیاهی، هم دما، هم باران، ارتفاع، آب و هوا، لیتولوژی و کاربری اراضی حائز شرایط برای ورود به مدل پهنه‌بندی گردیدند (جدول ۱).

بعد از تعیین نقشه‌ها و داده‌های ورودی، اقدام به وزن دادن به طبقات نقشه‌ها و تبدیل آنها به نقشه‌های وزنی به روش‌های مختلف گردید.

جدول ۱: نتایج آزمون مربع کای

ردیف	نقشه کامل	کای دوی محاسبه شده	کای دو جدول	درجه آزادی	سطح معنی دار بودن	نتیجه
۱	نفوذپذیری	۲/۱۸۷	۳/۸۴	۱	۰/۵	فرضیه صفر تأیید شد
۲	آب و هوا	۶/۶۲۶	۵/۹۹	۲	۰/۵	فرضیه صفر رد شد
۳	جهت	۱/۷۷۶	۱۱/۰۷	۵	۰/۵	فرضیه صفر تأیید شد
۴	ارتفاع	۱۲/۸۵۹	۱۲/۵۹	۶	۰/۵	فرضیه صفر رد شد
۵	هم باران	۱۵/۵۵۶	۱۵/۵۱	۸	۰/۵	فرضیه صفر رد شد
۶	فرسایش	۶/۹۵۸	۱۵/۵۱	۸	۰/۵	فرضیه صفر تأیید شد
۷	خاک	۳/۷۴۵	۱۲/۵۹	۶	۰/۵	فرضیه صفر تأیید شد
۸	هم دما	۱۵/۹۸۸	۱۵/۵۱	۸	۰/۵	فرضیه صفر رد شد
۹	پوشش گیاهی	۱۳/۵۰۲	۷/۸۱	۳	۰/۵	فرضیه صفر رد شد
۱۰	پتانسیل	۳/۶۶۶	۷/۸۱	۳	۰/۵	فرضیه صفر تأیید شد
۱۱	کاربری اراضی	۱۳/۹۹۲	۱۱/۰۷	۵	۰/۵	فرضیه صفر رد شد
۱۲	لیتولوژی	۷/۹۱۶	۷/۸۱	۳	۰/۵	فرضیه صفر رد شد
۱۳	حساسیت سنگ به فرسایش	۶/۲۲	۵/۹۹	۲	۰/۵	فرضیه صفر رد شد
۱۴	شیب	۱۶/۳۱	۱۲/۵۹	۶	۰/۵	فرضیه صفر رد شد
۱۵	گسل	چون خطی بود وارد پهنه بندی نشد			-	-
۱۶	طبقات شدت- فرسایش	چون دارای یک طبقه بودند نتوانست وارد پهنه بندی شود			-	-

### مرحله سوم - ارزش گذاری لایه های اطلاعاتی به روش های آماری در محیط Arcview

جهت وزن دهی به عوامل وقوع زمین لغزه انتخاب شده به روش کادوی همانند بسیاری از محققین از جمله حافظی مقدس (۱۳۷۲: ۱۷۱)، حق شناس (۱۳۷۴: ۱۰۱-۹۵ و ۱۱۴)، کهی- میانجی (۱۳۷۷: ۱۰۰-۹۴)، هاشمی طباطبایی (۱۳۷۸: ۲۴-۲۳)، کرم (۱۳۸۰: ۲۴۷-۲۴۵) مورا و راسون (۱۹۹۴: ۵۱-۱۹)، براب (۱۹۷۷: ۱۶۱-۱۶۱)، استیوسن (کرم، ۱۳۸۰: ۶۴-۶۱) مینی رد (شریعت جعفری، ۱۳۷۵: ۷۰۲)، پاچاوری و مانوچ پنت (۱۹۹۲: ۱۰۰-۸۱) به شرایط محلی و قضاوت کارشناسی تکیه شده (وزن دهی بینا) (جباری و میرنظری، ۱۳۸۶).

در پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه مورد مطالعه از چهار روش استفاده شده است:

### روش قضاوت کارشناسی (تحلیل سلسله مراتبی)

در روش تحلیل سلسله مراتبی برای هر کدام از عوامل یک اهمیت یا ارزش مشخص قایل می‌شویم که دامنه این اهمیت‌ها اگر به صورت کمی بیان شود از عدد ۱ تا ۹ را در بر می‌گیرد. برای مثال اگر عاملی نسبت به عامل دیگر اهمیت مساوی داشته باشد، آن عامل عدد یک می‌گیرد و اگر اهمیت آن عامل به طور مطلق بسیار بیشتر از عامل دیگر باشد، حداکثر نمره یعنی عدد ۹ به آن تعلق می‌گیرد. مجموعه عوامل این تحقیق ۹ عامل بوده است که این عوامل در یک ماتریس ۹×۹ قرار داده شده‌اند.

### روش تراکم سطح، روش ارزش اطلاعاتی، روش وزن متغیرها

این روش‌ها به عنوان روش آماری دو متغیره مشهور هستند، هر چند عنوان آمار به این روش‌ها جای تأمل است؛ لیکن چون اساس آنها مساحت زمین‌لغزش‌های طبقه و همچنین مساحت طبقات عوامل می‌باشد، قابلیت اجرا در همه‌ی مکان‌ها را دارند و نیز اساس آنها بر گذشته حوضه و سهم هر یک از طبقات عوامل از زمین لغزش‌های منطقه استوار می‌باشد. به عبارتی در این روش‌ها هر عامل با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. بنابراین این فرمول‌ها یک روش دو متغیره می‌باشند؛ لیکن چون بسیاری از زمین‌لغزش‌ها در طول سالیان دراز اتفاق افتاده‌اند و امکان دارد این شرایط در کوتاه‌مدت اتفاق نیفتد، بنابراین محقق می‌تواند بر اساس اصول علمی، نظریات و تجربیات شخصی، عواملی که در این روش‌ها وزن اغراق‌آمیزی نسبت به سایر عوامل مستعد می‌گیرند و موجب کاهش دقت وزن‌دهی به عوامل و پهنه‌بندی خطر نسبی زمین‌لغزش می‌شوند را اصلاح کند.

در روش تحلیل سلسله مراتبی حوضه‌ی چرمه، نظارت کارشناسی به‌طور کامل اعمال شده است و در سه فرمول دیگر هیچ‌گونه دخل و تصرفی صورت نگرفته و فرمول‌ها آنچنان که بود به‌کار گرفته شده است. روش ارزش اطلاعاتی مشابهت زیادی با روش تراکم سطح دارد، با این حال به دلیل محاسبه‌ی آن (ضرب) در لگاریتم طبیعی نپیر (e) روشی جداگانه محسوب می‌شود و این مطلب موجب تفاوت اوزان تشخیص داده شده به هر یک از عوامل، نسبت به روش تراکم سطح گردیده است.

### مرحله چهارم - همپوشانی لایه‌ها

بعد از اینکه هر یک از نقشه‌ها را با استفاده از روش‌های فوق ارزش‌گذاری کردیم، با تجزیه و تحلیل این روش‌ها و با استفاده از همپوشانی لایه‌ها در محیط Arcview به چهار روش قضاوت

کارشناسی، تراکم سطح، ارزش اطلاعاتی و وزن متغیرها، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه‌ی چرمه تهیه گردید که طبقات خطر هر یک از نقشه‌ها با نقشه‌ی دیگر متفاوت است. نقشه‌ی پهنه‌بندی حاصل از قضاوت کارشناسی بیشترین تناسب را با زمین‌لغزش‌های مشاهده شده حوضه دارد.

### نتایج تحقیق

در این تحقیق چهار مدل برای بررسی خطر زمین‌لغزش حوضه‌ی چرمه مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج حاصل از این چهار روش به صورت نقشه‌های پایانی ارائه شده است: - نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی یا قضاوت کارشناسی (شکل ۲)

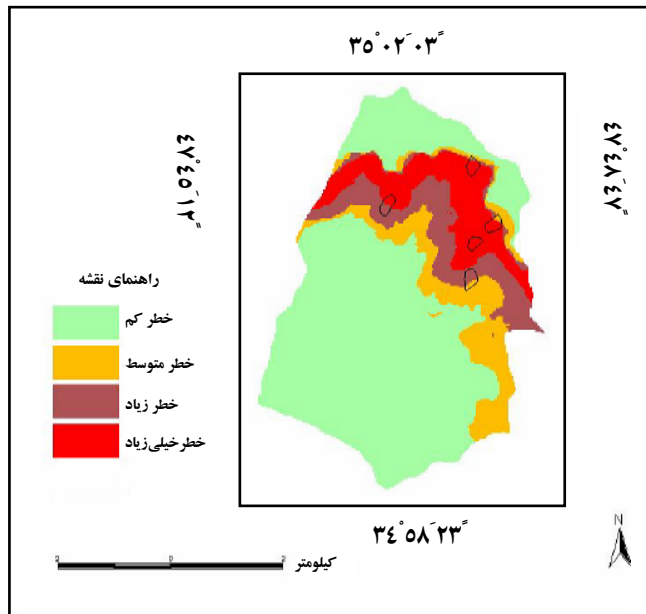
در این نقشه طبقه‌ی خطر کم دارای مساحتی حدود ۱۴/۹۳ کیلومترمربع (۶۷/۸۰ درصد کل حوضه) که به صورت دو پهنه بزرگ یکی در قسمت منتهی‌الیه شمال حوضه و دیگری به صورت پهنه بسیار بزرگی در قسمت مرکز و جنوب غربی حوضه قرار دارد. طبقه خطر متوسط نیز از نظر خطر زمین‌لغزش ۲/۳۳ کیلومتر مربع (۱۰/۵۸ درصد کل حوضه) را به خود اختصاص می‌دهد.

پهنه با خطر زیاد حدود ۲/۲۲ کیلومتر مربع (۱۰/۰۸ درصد کل حوضه) را شامل می‌شود. طبقه با خطر خیلی زیاد تقریباً در مرکز حوضه قرار دارد و مایل به شمال حوضه می‌باشد. مساحت آن حدوداً ۲/۵۴ کیلومترمربع (۱۱/۵۴ درصد کل حوضه) می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲: مساحت و درصد طبقات خطر زمین‌لغزش به روش تحلیل سلسله‌مراتبی

ردیف	طبقه	مساحت به کیلومتر مربع	مساحت تجمعی	درصد	درصد تجمعی
۱	خطر کم	۱۴/۹۳	۱۴/۹۳	۶۷/۸۰	۶۷/۸۰
۲	خطر متوسط	۲/۳۳	۱۷/۲۶	۱۰/۵۸	۷۸/۳۸
۳	خطر زیاد	۲/۲۲	۱۹/۴۸	۱۰/۰۸	۸۸/۴۶
۴	خطر خیلی زیاد	۲/۵۴	۲۲/۰۲	۱۱/۵۴	۱۰۰



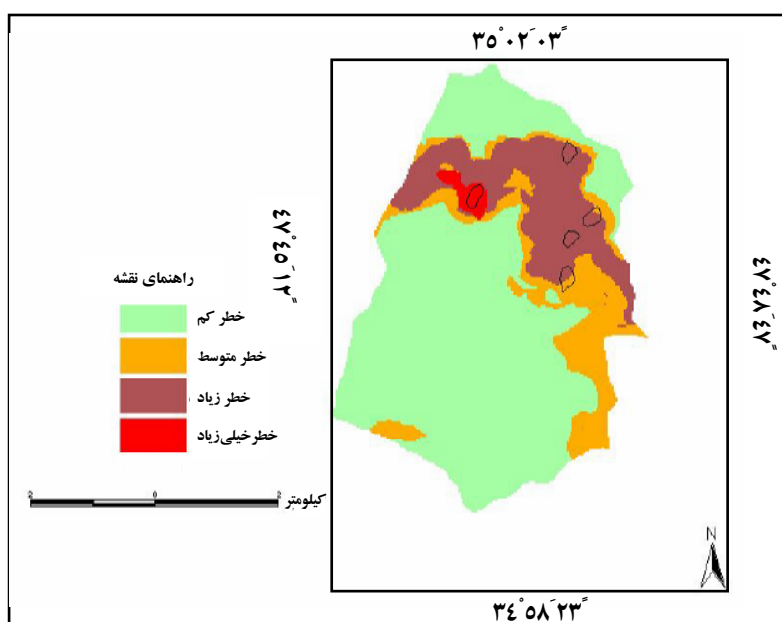


شکل ۲: نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه‌ی آبریز چرمه به روش قضاوت کارشناسی (تحلیل سلسله مراتبی) مأخذ: نگارندگان

- نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه با استفاده از روش تراکم سطح این نقشه نشان می‌دهد که طبقات خطر کم نیز همانند روش قضاوت کارشناسی به صورت دو پهنه یکی در شمال حوضه و دیگری با وسعت بیشتر در قسمت مرکز و جنوب قرار دارد. مساحت این طبقه ۱۵/۲۳ کیلومتر مربع (۶۹/۱۶ درصد کل حوضه) می‌باشد. طبقه خطر متوسط با مساحتی حدود ۳/۰۵ کیلومتر مربع (۱۳/۸۵ درصد کل حوضه) به صورت چند پهنه در داخل حوضه خودنمایی می‌کند. قسمت اول به صورت نوار خطی و طولی تقریباً در قسمت شمال حوضه قرار دارد و پهنه‌ی دیگر این طبقه در قسمت مرکز حوضه قرار دارد که از جنوب غرب حوضه شروع شده و پس از عبور از غرب و مرکز حوضه به شرق حوضه می‌رسد. توده‌ی دیگر این طبقه دقیقاً در قسمت خروجی حوضه قرار دارد. طبقه خطر زیاد با مساحتی حدود ۳/۴۴ کیلومتر مربع (۱۵/۶۲ درصد کل حوضه) دقیقاً در مرکز حوضه قرار دارد. وسعت این پهنه در قسمت غربی حوضه بیشتر از قسمت شرق حوضه می‌باشد. پهنه‌ی خطر خیلی زیاد با مساحتی حدود ۰/۳۰ کیلومتر مربع (۱/۳۷ درصد کل حوضه) به صورت توده کوچک در قسمت شمال شرق حوضه قرار دارد. (شکل ۳) و (جدول ۳).

جدول ۳: مساحت و درصد طبقات خطر زمین لغزش به روش تراکم سطح

ردیف	طبقه	مساحت به کیلومتر مربع	مساحت تجمعی	درصد	درصد تجمعی
۱	خطر کم	۱۵/۲۳	۱۵/۲۳	۶۹/۱۶	۶۹/۱۶
۲	خطر متوسط	۳/۰۵	۱۸/۲۸	۱۳/۵۸	۸۳/۰۱
۳	خطر زیاد	۳/۴۴	۲۱/۷۲	۱۵/۶۲	۹۸/۶۳
۴	خطر خیلی زیاد	۰/۳۰	۲۲/۰۷	۱/۳۷	۱۰۰



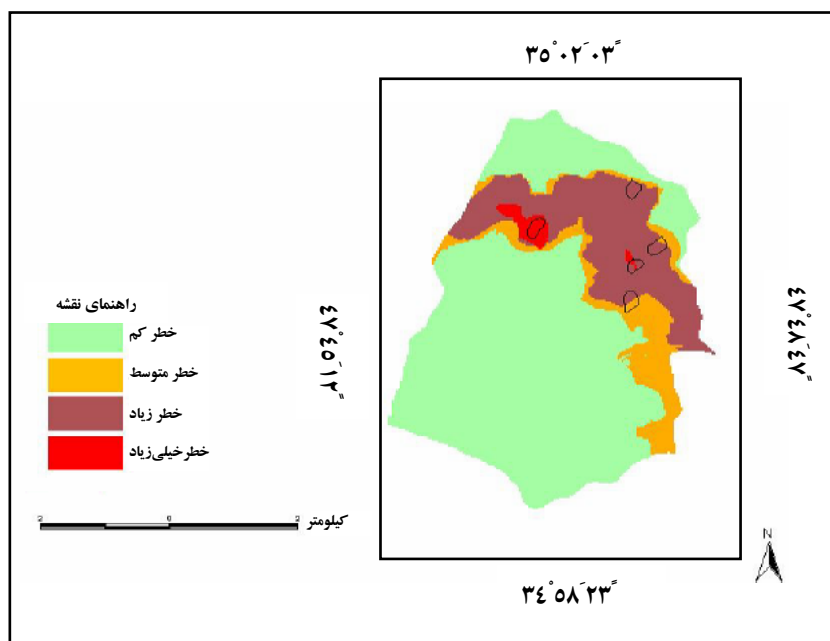
شکل ۳: نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه‌ی آبریز چرمه به روش تراکم سطح  
مأخذ: نگارندگان

- نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه، با استفاده از روش وزن متغیرها این نقشه‌ی طبقه‌ی خطر کم با مساحتی حدود ۱۵/۲۹ کیلومتر مربع (۶۹/۴۳ درصد کل حوضه) به صورت دو پهنه یکی در قسمت شمال و دیگری در مرکز و جنوب حوضه قرار دارد. طبقه‌ی خطر متوسط با مساحتی حدود ۲/۰۷ کیلومتر مربع (۹/۴۰ درصد کل حوضه) مانند سایر نقشه‌ها در این طبقه، به صورت دو پهنه، اولی به صورت خطی در شمال حوضه و دیگری به صورت نواری پهن‌تر از جنوب غرب حوضه تا شمال شرقی حوضه گسترش دارد. طبقه‌ی

خطر زیاد نیز در مرکز حوضه قرار دارد که مساحت این طبقه ۴/۳۰ کیلومتر مربع برابر با (۱۹/۵۳ درصد کل حوضه) می‌باشد (شکل ۴). پهنه‌ی کوچکی در داخل این طبقه می‌باشد که جزء طبقه‌ی خیلی زیاد است و پهنه‌ی کوچکی هم با اختلاف چند کیلومتر وجود دارد که جزء این طبقه می‌باشد. طبقه‌ی خطر خیلی زیاد با مساحتی حدود ۰/۳۶ کیلومتر مربع (حدود ۱/۶۴ درصد کل حوضه) است (جدول ۴)

جدول ۴: مساحت و درصد طبقات خطر زمین‌لغزش به روش وزن متغیرها

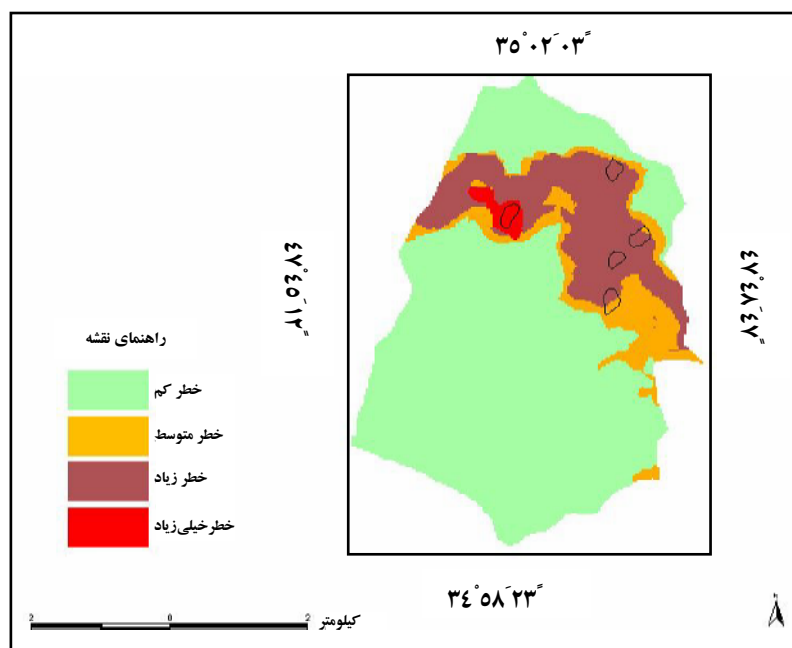
ردیف	طبقه	مساحت	مساحت تجمعی	درصد	درصد تجمعی
۱	خطر کم	۱۵/۲۹	۱۵/۲۹	۶۹/۴۳	۶۹/۴۳
۲	خطر متوسط	۲/۰۷	۱۷/۳۶	۹/۴۰	۷۸/۸۳
۳	خطر زیاد	۴/۳۰	۲۱/۶۶	۱۹/۵۳	۹۸/۳۶
۴	خطر خیلی زیاد	۰/۳۶	۲۲/۰۲	۱/۶۴	۱۰۰



شکل ۴: نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه‌ی حوضه‌ی آبریز چرمه به روش وزن متغیرها  
مأخذ: نگارندگان

- نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه با استفاده از روش ارزش اطلاعاتی این نقشه طبقه‌ی خطر کم با مساحتی حدود ۱۶ کیلومتر مربع حدود (۷۲/۶۶ درصد کل حوضه) را به خود اختصاص داده است و در بین نقشه‌های دیگر از وسعت بیشتری برخوردار است و به صورت دو توده که یکی در قسمت شمال حوضه و پهنه‌ی دیگر که قسمت بزرگی را تشکیل می‌دهد در جنوب و مرکز حوضه قرار دارد.

طبقه‌ی با خطر متوسط به صورت چهار پهنه که قسمت اول به صورت نوار خطی می‌باشد و در قسمت شمال حوضه قرار دارد پهنه‌ی کوچکی هم تقریباً در قسمت شمال حوضه با اختلاف کمی از نوار خطی یاد شده قرار دارد پهنه‌ی بزرگ این طبقه تقریباً در قسمت مرکز حوضه و به صورت کمربندی پهن از سمت غرب به شمال حوضه متصل می‌شود. این پهنه در غرب حوضه بیشترین وسعت را دارد. قسمت دیگر این طبقه به صورت منطقه‌ای کوچک در جنوب غربی حوضه دیده می‌شود. طبقه‌ی خطر زیاد به صورت پهنه‌ی یکپارچه در مرکز حوضه قرار دارد که مساحت این قسمت ۴/۰۵ کیلومترمربع (۱۸/۳۹ درصد کل حوضه) می‌باشد طبقه با خطر خیلی زیاد به صورت پهنه کوچک در شمال شرقی حوضه دیده می‌شود که مساحت این قسمت ۰/۳۰ کیلومترمربع (۱/۳۷ درصد کل حوضه) است (شکل ۵) و (جدول ۵).



شکل ۵: نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه آبریز جرمه به روش ارزش اطلاعاتی  
مأخذ: نگارندگان

جدول ۵: مساحت و درصد طبقات خطر زمین‌لغزش به روش ارزش اطلاعاتی

ردیف	طبقه	مساحت به کیلومتر مربع	مساحت تجمعی	درصد	درصد تجمعی
۱	خطر کم	۱۶	۱۶	۷۲/۶۶	۷۲/۶۶
۲	خطر متوسط	۱/۶۷	۱۷/۶۷	۷/۵۸	۸۰/۲۴
۳	خطر زیاد	۴/۰۵	۲۱/۷۲	۱۸/۳۹	۹۸/۶۳
۴	خطر خیلی زیاد	۰/۳۰	۲۲/۰۲	۱/۳۷	۱۰۰

در بین چهار نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه‌ی مورد مطالعه، طبقه‌ی خطر زیاد، بیشترین وسعت را در نقشه‌ی پهنه‌بندی با روش وزن متغیرها به خود اختصاص داده است. طبقه‌ی خطر خیلی زیاد، بیشترین وسعت را در نقشه‌ی پهنه‌بندی قضاوت کارشناسی (تحلیل سلسله مراتبی) دارد. به طور خلاصه می‌توان گفت نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از فرمول قضاوت کارشناسی بیشترین تناسب را با زمین‌لغزش‌های مشاهده شده‌ی حوضه داراست (جدول ۶).

جدول ۶: فراوانی و درصد فراوانی زمین‌لغزش‌های موجود حوضه‌ی آبریز چرمه در نقشه‌های پهنه‌بندی

ردیف	طبقه	تحلیل سلسله مراتبی		تراکم سطح		وزن متغیرها		ارزش اطلاعاتی	
		فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد
۱	خطر کم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	خطر متوسط	۰/۴۵	۸	۰/۶۰	۱۲	۰/۶۰	۱۲	۰/۶۰	۱۲
۳	خطر زیاد	۱/۳۵	۲۷	۳/۴	۶۸	۲/۴	۴۸	۳/۴	۶۸
۴	خطر خیلی زیاد	۳/۲۵	۶۵	۱	۲۰	۲	۴۰	۱	۲۰
۵	جمع کل	۵	۱۰۰	۵	۱۰۰	۵	۱۰۰	۵	۱۰۰

### نتیجه‌گیری

عامل لیتولوژی مهم‌ترین عامل در وقوع زمین‌لغزش در حوضه‌ی مورد مطالعه بوده است؛ چرا که زمین‌لغزش‌های این حوضه ناشی از تجمع آب نفوذی در نهشته‌های آبرفتی دوران چهارم زمین‌شناسی و نفوذ ناپذیر بودن سنگ زیربنا می‌باشد که عامل شیب به‌علت کوهستانی بودن منطقه آن را تشدید می‌کند.

اگر عامل شیب مهم‌ترین عامل بروز زمین‌لغزش در حوضه‌ی مورد مطالعه می‌بود، می‌بایست در ارتفاعات و شیب‌های تندتر زمین‌لغزش بیشتری را مشاهده می‌کردیم که اینگونه نیست پس می‌توان نتیجه گرفت عامل لیتولوژی به‌علت نفوذناپذیر بودن سنگ زیر بنا مهم‌ترین عامل در بروز زمین‌لغزش در حوضه‌ی مورد مطالعه می‌باشد.

پس از بررسی‌های لازم این نتیجه حاصل شد که پوشش گیاهی منطقه از نوع مراتع متوسط و فقیر و به‌صورت پوشش تنک و دور از هم می‌باشد ریشه‌ی گیاهان این منطقه آنقدر عمیق نیست که بین رسوبات فوقانی خشک و رسوبات تحتانی که به‌علت نفوذناپذیر بودن سنگ زیر بنا آغشته به آب است ارتباط مؤثری برقرار کند؛ بلکه باعث کند شدن جریان هرز آب‌ها گشته و نفوذ آب را به داخل زمین بیشتر می‌کند.

انطباق زمین‌لغزش‌های مشاهده شده‌ی منطقه در طبقات پوشش گیاهی (مراتع متوسط) نیز گواه بر این مطلب است؛ بنابراین نتیجه گرفته می‌شود در حوضه‌ی چرمه به‌علت فقر پوشش گیاهی این عامل نمی‌تواند مانع بروز زمین‌لغزش در منطقه شود. تحقیق حاضر بر اساس بازدیدهای میدانی، تجزیه و تحلیل‌های کارشناسی، روش‌های آماری و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت پذیرفته است. هر کدام از مراحل مذکور مکملی برای انجام مناسب‌تر و دقیق‌تر پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه‌ی آبریز چرمه بوده است. جمع‌آوری داده‌ها و تهیه‌ی ۱۶ عامل و نیز نقشه‌ی متغیر وابسته (زمین‌لغزش) با توجه به وابستگی ماهیت وقوع زمین‌لغزش به چندین عامل، امکان بررسی گسترده‌ی این پدیده را میسر می‌سازد.

استفاده از روش آماری مربع کای موجب تقلیل عامل‌های به‌کار رفته در تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه‌ی آبریز چرمه گردیده است. هر چند به نظر می‌رسد استفاده از عوامل بیشتر، می‌تواند دید جامع‌تری نسبت به شناخت این پدیده ارائه نماید؛ ولی آزمون فوق شرایطی را فراهم می‌آورد که عواملی مؤثرتر و مهم‌تر در بروز پدیده‌ی زمین‌لغزش را مشخص کند و با کاهش تعداد عوامل مؤثر، امکان بررسی دقیق‌تر این پدیده حاصل می‌شود (جباری، ۱۳۸۶: ۶۷-۵۵).

همانطور که قبلاً بیان شده است در انجام این تحقیق (تهیه‌ی نقشه‌ی نهایی) از ۹ متغیر مستقل آب و هوا، شیب، هم‌دما، پوشش گیاهی، هم‌باران، ارتفاع، لیتولوژی، حساسیت سنگ به فرسایش و کاربری اراضی استفاده شده است. بعد از تجزیه و تحلیل‌های آماری و پردازش این نقشه‌ها توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی مشخص شد که در بین نقشه‌ها، نقشه‌ی شیب پس از لیتولوژی یکی از نقشه‌های مهم در بروز زمین‌لغزش در منطقه است. بطوری‌که تمامی زمین‌لغزش‌های حوضه در شیب‌های بالای ۲۰ درصد (۲۰ درصد زمین‌لغزش‌های حوضه بالاتر از شیب ۶۰ درصد، ۵۶ درصد زمین‌لغزش‌های بین شیب ۶۰-۳۰ درصد و ۲۲ درصد زمین‌لغزش‌ها در شیب ۳۰-۲۰ درصد) رخ داده است. عاملی که براب (۱۹۷۲) و نیلسن (۱۹۷۹) بر آن تکیه کرده‌اند. لیتولوژی عامل مهم دیگر در بروز پدیده‌ی زمین‌لغزش در حوضه‌ی چرمه می‌باشد. سنگ‌های گرانیت و گرانودیوریت منطقه، باعث عدم نفوذ آب حاصل از ذوب برف و بارش باران به قسمت‌های تحتانی می‌شوند و آب حاصل پس از عبور از لایه‌های نه‌چندان ضخیم خاک به سنگ‌های آذرین و دگرگونی نفوذناپذیر می‌رسد و باعث آغشته شدن خاک‌های سست و ناپیوسته فوقانی می‌شود و در نتیجه‌ی نیروی ثقل بر روی دامنه‌ها، به صورت زمین‌لغزش به حرکت درمی‌آید. به طور خلاصه می‌توان گفت عامل لیتولوژی خصوصاً سنگ‌های آذرین نفوذناپذیر، مهمترین عامل بروز پدیده زمین‌لغزش منطقه می‌شوند. به عنوان مثال ۵۱ درصد زمین‌لغزش‌های حوضه در سنگ‌های گرانیت و ۴۹ درصد آن در سنگ‌های گرانودیوریت حوضه اتفاق افتاده است. پس می‌توان دریافت که نقش سنگ‌های نفوذناپذیر در تجمع آب و آغشته کردن رسوبات فوقانی برای ایجاد زمین‌لغزش حوضه از اهمیت زیادی برخوردار است. همانطور که آن‌بالاگان (۱۹۹۱) و مورا و وارسون (۱۹۹۳) از لیتولوژی به عنوان عنصر مهم در پدیده‌ی زمین‌لغزش یاد کرده‌اند.

میزان بارش سالانه‌ی حوضه (میانگین ۴۰۷/۵ میلیمتر) می‌باشد که باعث رطوبت زیاد دامنه‌ها (همچون تحقیقات رادبروچ و ونت ورس (۱۹۷۱) و مورا و وارسون (۱۹۳۳) و از دیگر عوامل تأثیرگذار بر وقوع زمین‌لغزش‌های حوضه می‌باشد. هر چند ارتفاعات بالاتر از بارش بیشتری برخوردار هستند، ولی به علت اینکه ارتفاعات بالاتر حوضه از پوشش صخره‌ای برخوردار هستند و خاک کافی ندارند، باعث شده است که ۴۰ درصد زمین‌لغزش‌ها در خط هم‌باران ۴۰۶ میلیمتر، ۴۴/۶ درصد زمین‌لغزش‌ها در خط هم‌باران ۴۲۶ میلیمتر و ۱۴ درصد آن در خط هم‌باران ۴۴۶ میلیمتر رخ بدهد. عامل مهمی که باید در این زمینه مد نظر داشته

باشیم، مقدار نفوذ آب است. بارش‌هایی که شدت کمتری دارند و از قدرت نفوذ بیشتری برخوردار هستند، در بروز پدیده‌ی زمین‌لغزش در حوضه تأثیر بیشتری خواهند داشت. عامل ارتفاع نیز در ایجاد پدیده‌ی زمین‌لغزش در حوضه‌ی مورد مطالعه تأثیرگذار است. ارتفاع باعث افزایش میزان بارش می‌شود و در نتیجه هر نقطه که از خاک مناسب برخوردار باشد، باعث بروز زمین‌لغزش می‌گردد. همانطور که ۶۸ درصد زمین‌لغزش‌ها در طبقه‌ی ارتفاعی ۲۷۰۰-۲۵۰۰ متر در حوضه‌ی مورد نظر اتفاق افتاده است.

اثر پوشش گیاهی در پایداری شیب بستگی به شرایط محلی، عمق خاک، شیب دامنه، نوع گیاهان و آب و هوا دارد. پوشش گیاهی در بعضی مواقع عامل پایداری است و در شرایطی محرک ناپایداری می‌باشد.

پوشش گیاهی حوضه‌ی آبریز چرمه به دو دسته تقسیم می‌شود:

۱- مراتع فقیر شامل گون، اسپرس بوته‌ای، جاشیر می‌باشد که ۳ درصد زمین‌لغزش حوضه در این گونه گیاهی صورت پذیرفته است.

۲- گونه دوم که مراتع متوسط و شامل گون، کما، جاشیر و گون، فستوکا، آگروپایرون است. ۹۷ درصد زمین‌لغزش‌های حوزه در این گونه‌های گیاهی رخ داده است. می‌توان گفت در حوضه‌ی مورد مطالعه پوشش گیاهی از غنای خاصی برخوردار نیست و جزء مراتع متوسط و فقیر می‌باشد.

ریشه‌ی این گونه‌های گیاهی که اغلب آنها به صورت بوته‌ای می‌باشند، آنقدر عمیق نیست که بین رسوبات فوقانی خشک و رسوبات تحتانی که به علت نفوذ ناپذیر بودن سنگ زیرینا آغشته به آب است، ارتباط مؤثری برقرار کند و مانع بروز زمین‌لغزش گردد. بلکه باعث کندشدن سرعت جریان هرز آب‌ها در سطح گشته و باعث نفوذ آنها به اعماق زیرین می‌شود و پدیده‌ی زمین‌لغزش را تشدید می‌کند.

زمین‌لغزش‌های مشاهده شده در طبقات کاربری اراضی نشان‌دهنده‌ی این مطلب است که بین طبقات کاربری اراضی و زمین‌لغزش‌های حوضه ارتباط مؤثری برقرار است. ۱۰۰ درصد زمین‌لغزش‌های مشاهده شده‌ی حوضه در طبقه‌ی مراتع رخ داده است.

علت این امر ارتباط شیب زیاد، پوشش گیاهی و بارش در این طبقه می‌باشد. طبقات دیگر کاربری اراضی با وجود این که از خاک مناسب و آبیاری به روش غرقابی برخوردار هستند ولی چون شیب دامنه‌های آن کم می‌باشد، دچار زمین‌لغزش نشده‌اند. در بحث کاربری اراضی



می‌توان نتیجه گرفت دامنه‌هایی که شیب آنها بالاتر از ۲۰ درصد می‌باشد، تغییر کاربری از کشت دیم به کشت آبی می‌تواند منجر به ایجاد زمین‌لغزش‌های متعدد در منطقه گردد. عامل ژئومورفولوژی و خاک با توجه به روش‌های آماری بکار گرفته شده (آزمون مربع کای)، نتوانستند در مدل پهنه‌بندی وارد شوند. با توجه به شیوه‌ی تجزیه و تحلیل این پژوهش، عوامل مذکور با دلیل کنار گذاشته شدند و در سطح این حوضه اهمیت کمتری نسبت به عوامل مورد استفاده در وقوع زمین‌لغزش‌ها داشته‌اند.

روش وزن‌دهی به عوامل زمین‌لغزش‌های حوضه آبریز چرمه با تکیه بر شرایط محلی و قضاوت کارشناسی صورت پذیرفته است (جباری، ۱۳۸۶: ۶۷-۵۵).

استفاده از روش‌های پهنه‌بندی تراکم سطح، ارزش اطلاعاتی و وزن متغیرها که بر مبنای گذشته‌نگری شرایط محلی استوار است، مساحت زمین‌لغزش‌های حوضه را مبنای کار قرار می‌دهد و نیز به‌کارگیری روش قضاوت کارشناسی که در قالب تحلیل سلسله مراتبی حوضه صورت گرفته است، امکان بررسی بهتر و تهیه‌ی نقشه پهنه‌بندی که با شرایط محلی مطابقت بیشتری دارد را فراهم می‌کند. ضمن اینکه استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، انجام تحلیل‌های دقیق‌تر که نتیجه‌ی آن تهیه‌ی نقشه‌هایی با دقت بیشتر نسبت به روش دستی است را فراهم می‌کند.

چهار نقشه‌ی تهیه شده به روش‌های مختلف تقریباً با تطبیق مناسبی، پهنه‌های مشابهی را به عنوان نواحی و مکان‌های خطر آرایه کردند. حتی روش قضاوت کارشناسی - از نظر شاخص زمین‌لغزش - نسبت به سایر روش‌های به کار رفته، کم‌دقت‌تر بود، با این حال بیشترین تناسب را با محیط داشت.

به‌طور خلاصه و با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی نهایی به‌دست آمده، متوجه خواهیم شد که نقشه‌ی قضاوت کارشناسی (تحلیل سلسله مراتبی) بیشترین تناسب را با زمین‌لغزش‌های مشاهده شده‌ی حوضه دارد. بنابراین بر اساس اولویت نقش عوامل مؤثر در لغزش و نتایج به دست آمده می‌توان گفت بخش‌های جنوبی حوضه به نسبت قسمت‌های شمالی و کوهستانی از خطر کمتری برخوردار است. این امر به منظور توجه به مخاطرات محیطی (لغزش) در حوضه و کاهش خطرات و خسارات ناشی از آن می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مختلف مد نظر برنامه‌ریزان قرار گیرد.

## منابع و مأخذ

- ۱- جباری، ایرج؛ میرنظری، جواد (۱۳۸۱). ارزیابی نواحی مستعد لغزش در حوضه آبریز پشت تنگ، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه رازی.
- ۲- حافظی مقدس، ناصر (۱۳۷۱). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در مناطق زلزله‌خیز (مطالعه موردی زمین‌لغزه‌های تحریک شده در زلزله خرداد ماه ۱۳۶۹ منجیل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳- حق‌شناس، ابراهیم (۱۳۷۴). پهنه‌بندی خطرات ناشی از زمین‌لغزش در ارتباط آن با تولید رسوب در حوضه طالقان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴- حق‌شناس، ابراهیم، کاظم جعفری و علی کمک‌پناه (۱۳۷۶). مجموعه مقالات دومین سمینار زمین‌لغزه و کاهش خسارت‌های آن. چاپ اول. انتشارات مؤسسه چاپ و انتشارات سازمان تحقیقات و مسکن.
- ۵- رجایی، عبدالحمید (۱۳۷۳). ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه‌ریزی و عمران ناحیه‌ای، چاپ اول. انتشارات قومس.
- ۶- روستایی، شهرام (۱۳۸۰). درآمدی بر تحلیل کمی پراکنش ارتفاعی در ویژگی‌های مورفولوژی زمین‌لغزشها، مجله فضای جغرافیایی. چاپ اول. دانشگاه آزاد واحد اهر.
- ۷- شریعت‌جعفری، محسن (۱۳۷۵). زمین‌لغزش (مبانی و اصول پایداری شیب‌های طبیعی). انتشارات سازه.
- ۸- کرم، عبدالامیر (۱۳۸۰). مدل‌سازی و پهنه‌بندی زمین‌لغزش در زاگرس چین‌خورده (مطالعه موردی حوضه آبخیز سرخون - استان چهارمحال و بختیاری)، رساله دکتری. دانشکده علوم انسانی. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۹- کهی‌میانجی، یعقوب (۱۳۷۷). تحلیل چندمتغیره آماری وقوع زمین‌لغزش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و داده‌های سنجش از دور در منطقه طالقان. دانشگاه تربیت مدرس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
- ۱۰- منتظرالقائم، سعید (۱۳۷۲). بررسی مقدماتی زمین‌لغزه روستای چلو در استان چهارمحال و بختیاری، چاپ اول. انتشارات مؤسسه چاپ و انتشارات وزارت امور خارجه.
- ۱۱- هاشمی طباطبایی، سعید (۱۳۷۸). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در بخشی از استان اردبیل، مجله تازه‌های ساختمان و مسکن ۱۳.
- 12- Anbalagan. R (1991). Terrain evaluation and landslid hazard zonation for environmental regeneration land Use in mountainous terrain, a.a balkema Rotterdam Brookfield.
- 13- Brabb, E. E, E. H, pampeyan, and Bonilla, M.G (1972), landslid susceptibility in san Mateo country ,California , us Geology survey Miscellaneous Field studies Map. MF 360.
- 14- Mora S, Vahrson W. G. (1994) Macrozonation methodology for landslid hazard determination Bulletin of the Association of Engineering Geologists ,31, no.1.
- 15- Pachauri , A.K and pant M.(1992) landslid hazard mapping based on Geological attributes ,Engineering geology ,v.32