

جغرافیا و توسعه شماره ۲۲ اردیبهشت ۱۳۹۰

وصول مقاله : ۱۳۸۸/۳/۱۹

تأیید نهایی : ۱۳۸۹/۸/۲۵

صفحات : ۷۲-۵۷

پهنه‌بندی حساسیت دامنه‌ها به ناپایداری (لغزش) در حوضه‌ی آبخیز جوانرود با استفاده از مدل آماری دو متغیره تراکم سطح

دکتر محمود علایی طالقانی

دکتر زهرا رحیم‌زاده

استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه رازی کرمانشاه

استادیار ژئومورفولوژی تربیت معلم کرمانشاه

عباس امینی

کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی

چکیده

جابجایی توده‌ای مواد از قبیل لغزش از جمله فرآیندهای دامنه‌ای مشکل‌آفرین در حوضه‌ی جوانرود واقع در شمال غرب زاگرس چین‌خورده است. زیرا این پدیده تخریب اراضی جنگلی، زمین‌های کشاورزی و مراتع این منطقه را به همراه داشته و برای تردد جاده‌ای نیز یک تهدید به شمار می‌رود. از این‌رو شناسایی پهنه‌های حساس به زمین‌لغزش برای ساکنین منطقه حائز اهمیت است. مطالعه‌ی حاضر در این راستا صورت گرفته است و جهت نیل به این هدف نیز از روش آماری دو متغیره تراکم سطح استفاده شده است.

برای این منظور ابتدا لایه‌ی پراکنش ۳۱ نقطه‌ی لغزشی به وقوع پیوسته در سطح حوضه به عنوان متغیره وابسته و ۸ لایه تأثیرگذار بر وقوع لغزش مانند لیتولوژی، شیب، فاصله از جاده، فاصله از زهکش، فاصله از سکونتگاه، جهت‌گیری دامنه، شکل دامنه (مورفولوژی) و کاربری اراضی به عنوان متغیره‌های مستقل تهیه گردیدند. سپس از طریق هم‌پوشانی و قطع یک به یک نقشه‌های عامل با نقشه پراکنش لغزش به‌طور مستقل و جداگانه، تراکم سطح لغزش در هر رده یا طبقه از عوامل فوق محاسبه گردید. آنگاه از ترکیب و تلفیق مقادیر وزنی تمام لایه‌ها با فرض وجود یک حداقل همبستگی بین هر متغیره با متغیره دیگر، نقشه‌ی پهنه‌بندی پتانسیل لغزش در ۴ سطح: پهنه با خطر خیلی زیاد، پهنه با خطر زیاد، پهنه با خطر متوسط و پهنه با خطر کم به دست آمد. نتایج نشان داده است که از نظر لیتولوژی، رخداد بیشترین مقدار لغزش بر روی دو واحد گورپی و رادیولاریت بوده است. از لحاظ شیب، طبقه‌ی شیب ۶-۱۸ درصد، از نظر جهت‌گیری دامنه، دامنه‌های رو به شمال‌شرق و از نظر شکل دامنه و کاربری اراضی نیز، اراضی تپه ماهوری با دامنه‌های محدب و منظم و پوشیده از جنگل بلوط تخریب شده بیشترین مقدار تراکم لغزش را به خود اختصاص داده‌اند. اما مهم‌ترین نتیجه، تبعیت بیشترین تراکم نقاط لغزشی تا شعاع ۲۰۰ متری از جاده و بستر زهکش‌ها بوده است. بر اساس این نتایج حدود ۶۵ درصد از اراضی حوضه جوانرود دارای پتانسیل لغزش با خطر زیاد و خیلی زیاد است.

کلیدواژه‌ها: پهنه‌بندی، حرکات توده‌ای، مدل آماری دو متغیره تراکم سطح، حوضه‌ی آبخیز جوانرود.

مقدمه

پدیده‌ی لغزش به‌عنوان یکی از فرآیندهای مهم دامنه‌ای، تابع شرایط خاصی است. این شرایط مجموعه متغیرهایی را در بر می‌گیرد که تأثیر مشترک و هم‌زمان آنها باعث لغزش و در نتیجه جابجایی ناگهانی حجم زیادی از مواد در سطح دامنه‌ها می‌شود. وقتی چنین شرایطی در یک محیط حاکم باشد، در آن صورت دخالت انسان در سطح دامنه‌ها به‌منظور ایجاد باغ، راه‌سازی، خانه‌سازی و کشاورزی می‌تواند احتمال وقوع آن را افزایش دهد. زیرا این قبیل اقدامات منجر به تغییر چهره دامنه و یا ایجاد شرایطی می‌شود که متغیرهای مؤثر در وقوع لغزش به آن نیاز دارند. از این‌رو لازمه‌ی اجرای هر اقدام در چنین محیط‌هایی، شناسایی مناطق حساس به لغزش و رتبه‌بندی آنها از نظر شدت و ضعف است. حوضه‌ی آبخیز جوانرود واقع در بخش شمالغرب زاگرس چین‌خورده (در محدوده‌ی استان کرمانشاه) نمونه‌ی چنین محیطی است و پهنه‌بندی خطر وقوع لغزش در حوضه‌ی مورد نظر نیز تلاشی است که در این راستا صورت می‌گیرد. جهت پهنه‌بندی خطر وقوع لغزش، کارهای زیادی صورت گرفته است. به‌عنوان نمونه می‌توان به کارهای شادفر و همکاران (۱۳۸۷: ۶۴-۵۷)؛ کرم و محمودی (۱۳۸۴: ۱۴-۱)؛ هاشمی طباطبایی (۱۳۷۸: ۲۵-۲۱)؛ حق‌شناس (۱۳۷۴: ۱۰۸-۹۵)؛ جباری (۱۳۸۳: ۱۷-۱)؛ آنبالاگان^۱ (۱۹۹۱: ۱۶۸-۱۶۱)؛ موری‌راس^۲ (۲۰۰۵: ۳۵۷-۳۴۵) و سارولی^۳ (۲۰۰۱: ۱۱۱۳-۱۰۹۵) اشاره کرد. عوامل مؤثر در وقوع لغزش متعدد بوده و نقش هر عامل نیز ممکن است در یک محیط ویژه برتر از عوامل دیگر باشد. مثلاً با آنکه سه عامل جنس زمین، شیب و آب، عوامل بنیانی در وقوع لغزش به‌شمار می‌روند (کوک و دورکمپ^۴، ۱۳۷۷: ۲۱۰-۲۰۱؛ آتکین و جانسون^۵، ۱۹۸۸: ۱۶۱-۱۴۷؛ محمودی، ۱۳۸۲: ۴۷-۴۳؛ احمدی و اسفندرانی، ۱۳۸۰: ۳۲۳)؛ مهمترین عامل در وقوع لغزش در منطقه‌ی اردل استان چهارمحال و بختیاری را ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک معرفی کرده‌اند.

خطیبی (۱۳۸۳: ۱۱۵) ویژگی‌های تکنیکی و ریخت‌شناسی نهشته‌های سطحی را در دامنه‌های شمالی قوشه‌داغ دلیل وقوع لغزش‌های سطحی می‌داند. دی‌ولی (۲۰۰۲: ۲۱۴) نیز به نقش بارش‌های سنگین در وقوع لغزش‌های جزیره‌ی لانتوهونگ‌کینگ اشاره می‌کند. در همین زمینه تاربوک و لوتکین^۶ (۱۹۸۹: ۱۲۸) هم زمین‌لرزه‌ی سال ۱۸۱۱ در نیومادرید امریکا را سبب زمین‌لغزه‌ای به‌وسعت ۱۳۰۰۰ کیلومتر مربع در امتداد رود می‌سی‌سی‌پی معرفی کرده‌اند.

1-Anbalagan. R

2-Moreiras. S. M

3-Sarolee. K. M

4- Cooke, R. U; Doornkamp, J. C

5-Atkin, B. C; Johnson, J. A

6-lutgeen, F& E, Tarbuck

به همین دلایل است که محققین در بررسی‌های منطقه‌ای خود در خصوص حرکات توده‌ای بخصوص لغزش، روش‌های مختلف را موردآزمون و ارزیابی قرار می‌دهند تا بتوانند عوامل اصلی در وقوع لغزش را بهتر شناسایی کنند و بر پایه‌ی آن امکان پیش‌بینی دقیق‌تر این پدیده میسر گردد. در این خصوص نیز می‌توان به کارهای شیرانی و همکاران (۱۳۸۴: ۳۶-۴۷)؛ فرهادی‌نژاد (۱۳۸۱)؛ فاطمی و همکاران (۱۳۸۲)؛ شریعت جعفری و غیومیان (۱۳۸۱: ۱۴۳-۱۳۷)؛ شادفر و همکاران (۱۳۸۱: ۶۴-۵۷)؛ کرم (۱۳۸۰: ۲۴۷-۲۴۵) و آنبالاگان (۱۹۹۲: ۲۷۷-۲۶۹) اشاره کرد. از جمله روش‌هایی که در بررسی عوامل مؤثر در وقوع لغزش و یا پهنه‌بندی آن در حوضه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش آماری دو متغیره‌ی تراکم سطح است. این روش که ابتدا توسط ون‌وستن^۱ در ۱۹۹۳ و ۱۹۹۷ مورد استفاده قرار گرفته است. بر پایه‌ی تأثیر متقابل هر عامل یا متغیر تأثیرگذار بر وقوع لغزش (به عنوان متغیر مستقل) با پدیده‌ی لغزش (به عنوان متغیر وابسته) به‌طور مستقل بنا نهاده شده است. بنا به اظهار پژوهشگران، چون در این روش میزان اثر هر عامل، مستقل از دیگر عوامل مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، چنانچه این عوامل در هر منطقه با دقت تعیین گردند، با این روش می‌توان به‌نتایج قابل قبولی دست یافت. کارهای انجام شده با این روش و نتایج حاصل از آن توسط: گزتی و همکاران^۲ (۲۰۰۰: ۲۶۳-۲۴۷)؛ سارا و کینگ‌داک^۳ (۲۰۰۱: ۱۱۱۳-۱۰۹۵)؛ فاطمی عقدا و همکاران (۱۳۸۲)؛ سیارپور (۱۳۷۸)؛ جلالی (۱۳۸۱)؛ حق‌شناس (۱۳۷۵)؛ ون‌وستن (۱۹۹۷)؛ شیرانی و همکاران (۱۳۸۴: ۳۶-۴۷) را می‌توان شواهد این امر معرفی کرد. با توجه به این یافته‌ها، در این تحقیق نیز، حوضه‌ی آبخیز جوانرود از نظر خطر وقوع این پدیده با ارزیابی نقش مهمترین عوامل مؤثر در رخداد آن بخصوص شکل دامنه‌ها (مورفولوژی) به کمک مدل آماری دو متغیره پهنه‌بندی می‌شود.

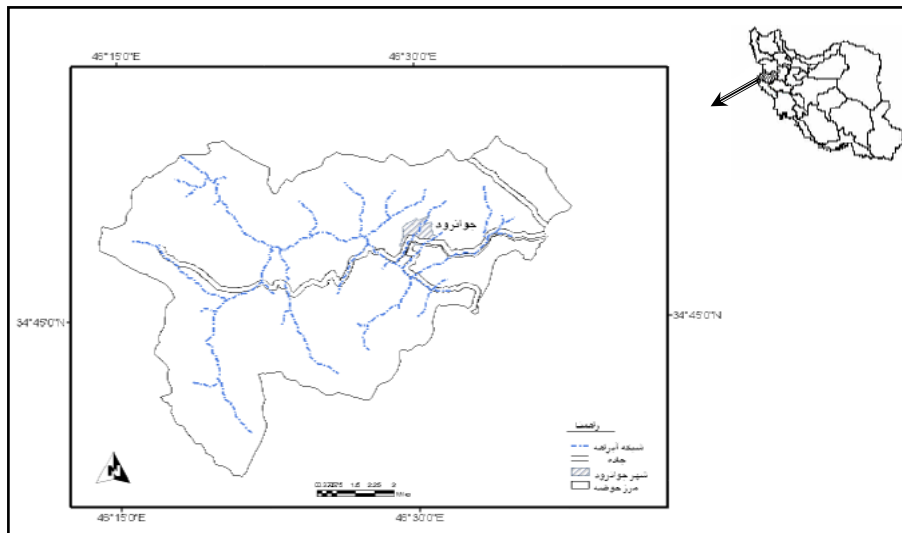
منطقه‌ی مورد مطالعه محدوده‌ی بین ۱۶' ۴۶° تا ۳۶' ۴۶° طول شرقی و ۳۹' ۳۴° تا ۵۲' ۳۴° عرض شمالی از بخش شمال غرب زاگرس چین‌خورده را در برمی‌گیرد. زهکش اصلی آن رودخانه ليله نام دارد که جزو سیستم سیروان است. رودخانه‌ی ليله آب‌های سطحی حدود ۳۷۳ کیلومترمربع از منطقه‌ی جوانرود را جمع‌آوری و سپس به رودخانه‌ی سیروان می‌رساند (شکل ۱).

1-Vanwasten

2-Gazzeti, et, al

3-Sara & kyung duck

حوضه آبخیز جوانرود منطقه‌ای کاملاً کوهستانی با نوسان ارتفاعی بین 1000 (نقطه خروجی) تا ۲۷۰۸ متر (قله شاهو) است. کوه‌های بهم فشرده با دامنه‌های پرشیب و دره‌های عمیق از ویژگی‌های توپوگرافی آن است.



شکل ۱: موقعیت حوضه آبخیز جوانرود
مأخذ: نگارندگان

کوهستانی بودن و قرار گرفتن در مسیر بادهای مرطوب غربی، باعث حاکمیت آب و هوای نیمه‌مرطوب سرد در منطقه‌ی جوانرود گردیده است (امینی، ۱۳۸۵: ۷۸). میانگین سالانه‌ی درجه حرارت در منطقه ۱۵/۶ درجه‌ی سانتیگراد با رطوبت نسبی ۴۵ درصد و بارش سالانه‌ی آن نیز حدود ۶۰۰ میلیمتر است (ثروتی و همکاران، ۱۳۸۷: ۶۰). آب حاصل از بارش باران و یا ذوب برف که به‌صورت چشمه‌های متعدد در کف دره‌ها تظاهر پیدا می‌کنند، منبع تغذیه‌ی دائمی زهکش اصلی حوضه یا رودخانه‌ی ليله می‌شوند. رودخانه‌ی ليله رود پرآبی نیست ولی جریان پایه‌ی آن دائمی است. سستی تشکیلات زمین‌شناسی عاملی بوده تا رود ليله بتواند با شبکه‌ی گسترده‌ای از آبراهه‌های فرعی، دره‌های عمیقی در منطقه ایجاد کند. با این حال تنها درحاشیه‌ی زهکش اصلی می‌توان سطوح هموار دشت سیلابی و یا تراس‌های جوان را در ابعاد کم مشاهده کرد.

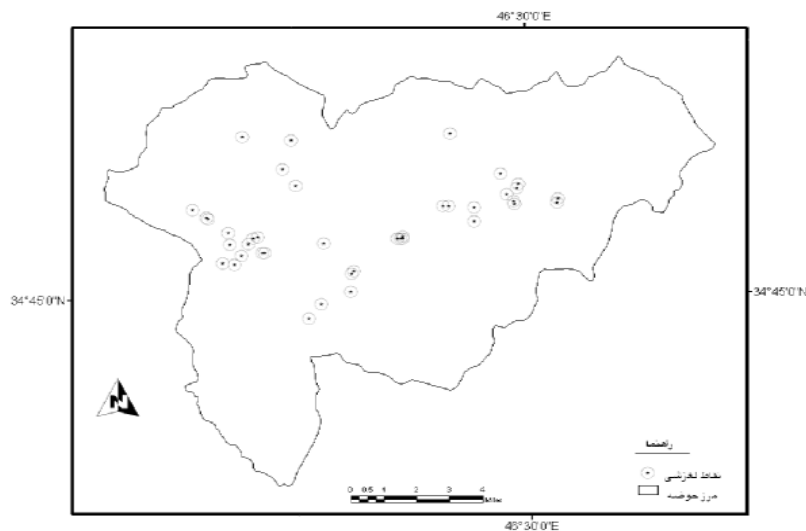
ساختار منطقه‌ی جوانرود چین‌خورده است، ولی به دلیل ساختمان سنگ‌شناسی متفاوت، شکل چین‌ها و ارتفاع آنها بسیار متفاوت است. از این نظر کوههای منطقه را می‌توان به دو واحد کوههای برجسته و اراضی تپه ماهوری تقسیم کرد.

کوههای برجسته یا مانند کوه شاهو و دوله لو از تناوب آهک تیره با مارن خاکستری (سازندسروک) ساخته شده‌اند و یا مانند کوههای زلان و کشه‌کوه از تناوب آهک‌های رسی سیاه تا خاکستری و شیل‌های سیاه (سازند گرو) می‌باشند. در هر دو حالت شکل کوهها به صورت هاگ‌بک (هم شیب) است و دامنه‌های ساختمانی آنها رو به داخل حوضه می‌باشد. خط‌الرأس این کوهها به‌طور متوسط در ارتفاع ۲۰۰۰ متر کشیده شده است.

اما اراضی تپه‌ی ماهوری بخش میانی و شرقی حوضه را در برمی‌گیرد و به دو گروه تپه‌های بلند با دامنه‌های مستقیم (ارتفاع نسبی بیشتر از ۲۰۰ متر) و تپه‌های کوتاه با دامنه‌های محدب (ارتفاع نسبی کمتر از ۲۰۰ متر) قابل تقسیم هستند. جنس این اراضی در بخش میانی حوضه از سازند گورپی مشتمل بر مارن خاکستری و شیل است و در مشرق حوضه نیز از رادیولاریت‌های کرمانشاه می‌باشد. لیتولوژی رادیولاریت‌ها شامل چرت‌های قرمز، زرد تا سبز زیتونی، شیل‌های قرمز و سبزرنگ، آهک‌های سیلیسی و توده‌های آذرین‌بازی و فوق‌بازی مثل سرپانتین است. سطح این تپه‌ها یا پوشیده از جنگل تنک بلوط است و یا زیرکشت دیم قرار دارد. هر جا در سطح این اراضی شیب‌زمین اجازه داده است، سکونتگاه روستایی پدید آمده است که دامداری و کشاورزی از عمده فعالیت‌های اقتصادی آنهاست.

روش مطالعه

الف- داده‌ها و مواد مورد استفاده: اساس چنین تحقیق‌هایی را معمولاً اطلاعات حاصل از لغزش‌های به وقوع پیوسته در سطح حوضه‌ی مورد نظر تشکیل می‌دهد. از این‌رو ابتدا ۳۱ توده‌ی لغزشی در محدوده‌ی حوضه‌ی آبخیز جوانرود با پیمایش زمینی شناسایی شده‌اند و سپس ابعاد و موقعیت جغرافیایی آنها به وسیله‌ی متر دستی و GPS اندازه‌گیری گردید. با انتقال این اطلاعات بر روی نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه، داده‌ی اصلی این تحقیق یعنی نقش پراکنش لغزش تهیه گردید (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه‌ی پراکنش نقاط لغزشی برداشت شده در سطح حوضه‌ی آبخیز جوانرود
مأخذ: نگارندگان

از آنجاکه لغزش تابع عوامل متعددی است و در پیش‌بینی احتمال وقوع و پهنه‌بندی خطر، تأثیر هر یک از آنها باید مورد ارزیابی قرار گیرد (کرم و همکار، ۱۳۸۴: ۱۴-۱؛ احمدی و همکاران ۱۳۸۴: ۱۴-۳؛ جباری و همکار، ۱۳۸۶: ۶۷-۵۷)، در مرحله‌ی دوم مهمترین عوامل تأثیرگذار بر وقوع لغزش در منطقه‌ی مورد مطالعه شامل: شیب، لیتولوژی، کاربری ارضی، جهت‌گیری دامنه، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از سکونتگاه و شکل دامنه (مورفولوژی) مشخص و اطلاعات مورد نیاز در خصوص آنها به کمک نقشه‌های توپوگرافی رقومی سازمان نقشه‌برداری در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ (برای تهیه‌ی لایه‌های شیب، جهت‌گیری دامنه، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از سکونتگاه)؛ نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ (برای تهیه‌ی لایه لیتولوژی)، تصاویر ماهواره‌ای ETM سال ۲۰۰۲ (برای تهیه‌ی لایه کاربری ارضی) حاصل گردید (شکل ۳ تا ۱۰). تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با نرم‌افزارهای *ENVI4*، *ArcView3.2*، *Microstation*، *Arcgis 9.2*، *Spss 12* صورت پذیرفته است.

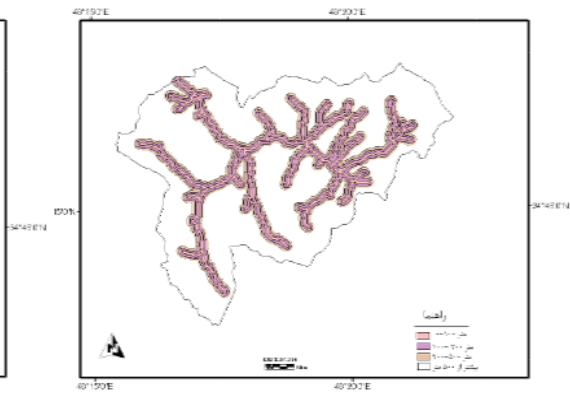
ب- روش: برای دستیابی به اهداف تحقیق از آنالیز آماری دو متغیره‌ی تراکم سطح استفاده شده است. اساس این روش بر پایه‌ی ارزیابی میزان تأثیر متغیرهای مستقل (مانند لیتولوژی، شیب،...) در وقوع لغزش (به‌عنوان متغیر وابسته) بنا نهاده شده است (ون‌وستن، ۱۹۹۷: ۴۱۴-۴۰۴). بنابراین ابتدا میزان اهمیت متغیرهای مؤثر در وقوع لغزش از طریق محاسبه‌ی تراکم آن در هر رده (طبقه) از متغیرهای مورد نظر ارزیابی می‌گردد و آنگاه از ترکیب مقادیر وزنی آنها با

فرض وجود یک حداقل همبستگی بین هر متغیر با متغیر دیگر، پتانسیل ناپایداری مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (شریعت‌جعفری و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۴۳-۱۳۷). بر این اساس تحقیق حاضر با طیّ مراحل زیر به انجام رسیده است:

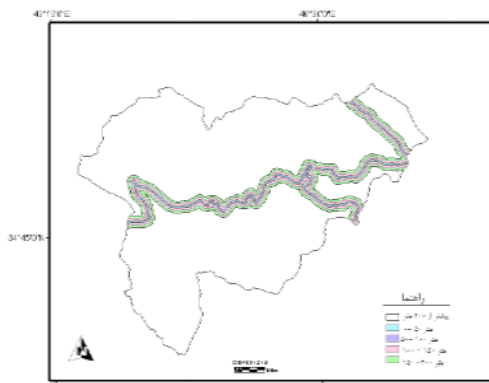
۱- تهیهی لایه‌های اطلاعات: شامل نقشه‌های: پراکنش لغزش، لیتولوژی، شیب، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از زهکش، فاصله از سکونتگاه، شکل دامنه و جهت‌گیری دامنه (شکل‌های ۲ تا ۱۰). از میان آنها لایه‌ی پراکنش لغزش، متغیر وابسته و بقیه‌ی لایه‌ها، متغیر مستقل می‌باشند. متغیرهای مستقل در این تحقیق عواملی هستند که توزیع زمین‌لغزش‌های گذشته را توجیه می‌کنند. در ضمن کلیه‌ی مراحل ثبت، پردازش و تولید این نقشه‌ها در محیط GIS انجام پذیرفته است.



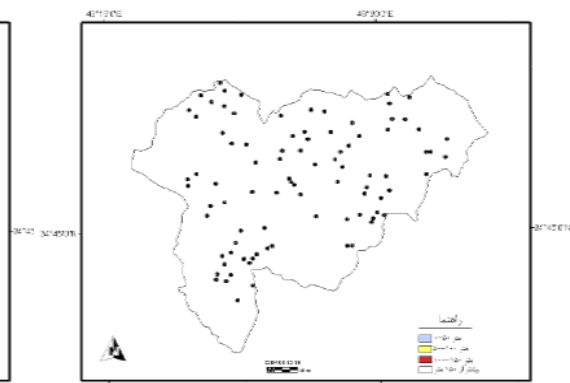
شکل ۳: نقشه‌ی کاربری ارضی حوضه‌ی جانرود*



شکل ۴: نقشه‌ی فاصله از آبراهه در حوضه‌ی جانرود*

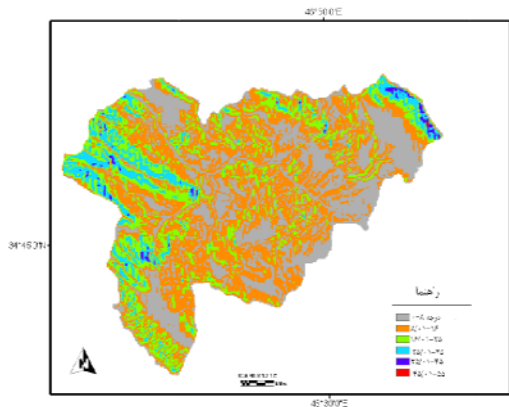


شکل ۵: نقشه‌ی فاصله از جاده در حوضه‌ی جانرود*

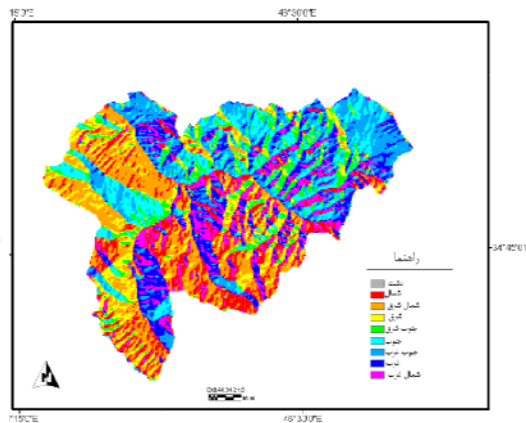


شکل ۶: نقشه‌ی فاصله از روستاها در حوضه‌ی جانرود*

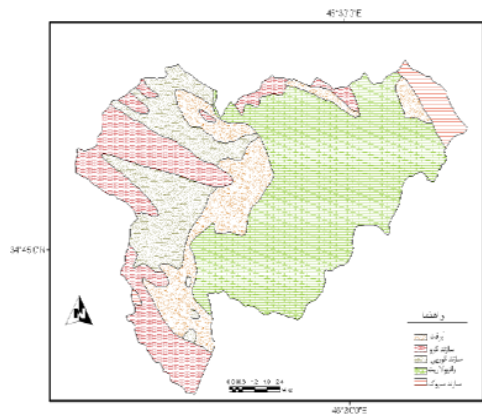
* مأخذ: نگارندگان



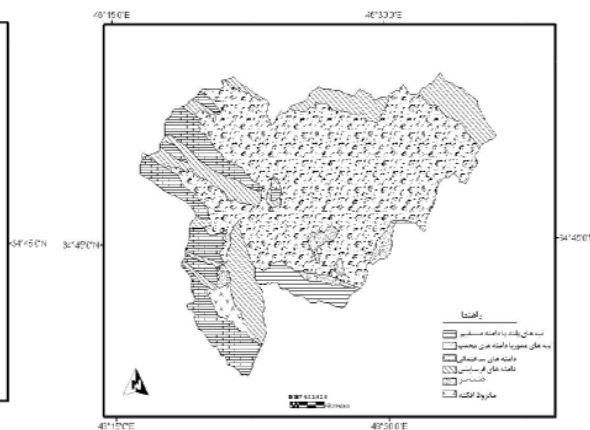
شکل ۷: نقشه‌ی طبقات شیب در حوضه‌ی جوانرود*



شکل ۸: نقشه‌ی جهت‌گیری دامنه در حوضه‌ی جوانرود*



شکل ۹: نقشه‌ی طبقات لیتولوژی در حوضه‌ی جوانرود*



شکل ۱۰: نقشه‌ی واحدهای ژئومورفولوژی در حوضه‌ی جوانرود*

✻ مأخذ نگارندگان

۲- هم‌پوشانی^۱ و قطع^۲ تک‌تک نقشه‌های عامل (به‌عنوان متغیرهای مستقل) با نقشه پراکنش لغزش (به‌عنوان متغیر وابسته) به‌طور جداگانه و محاسبه تراکم لغزش در هر رده یا طبقه از عوامل فوق.

۳- محاسبه‌ی مقادیر وزنی نقشه‌های عامل یا همان متغیرهای مستقل (مثلاً لیتولوژی یا...) در رده‌ها یا طبقات مختلف (مثلاً لایه سازند گورپی یا...) با استفاده از فرمول زیر:

- 1- Over lay
- 2- Cross

$$Warea = (A/B * 100) - (c/d * 100)$$

که در آن A تعداد پیکسل‌های دارای توده‌ی لغزشی در داخل هر طبقه، B تعداد پیکسل‌های هر طبقه‌ی عامل X_i ، C تعداد پیکسل‌های لغزشی کل حوضه و d نیز تعداد پیکسل‌های کل حوضه می‌باشد (جدول‌های ۱ تا ۸) (شریعت جعفری، ۱۳۸۷).

برای محدوده‌هایی که فاقد لغزش بوده است واریانس آن محاسبه شده و ارقام حاصل به‌عنوان وزن واحد فاقد لغزش در نظر گرفته شده است. لازم به اشاره است که وزن‌دهی به طبقات مختلف سه متغیر: لیتولوژی، ژئومورفولوژی و کاربری اراضی چون از نوع پارامترهای کیفی بوده‌اند از قضاوت کارشناسی استفاده شده است.

۴- همپوشانی و تلفیق تمام نقشه‌های وزنی و تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر لغزش در ۴ سطح خطر خیلی زیاد، خطر زیاد، خطر متوسط، خطر کم، به‌عنوان نتایج خروجی مدل (شکل ۱).

جدول ۱: میزان تراکم لغزش‌ها بر روی واحدهای زمین‌شناسی و وزن‌های محاسبه شده

نام سازند	تعداد پیکسل هر طبقه B	مساحت m2	تعداد پیکسل لغزشی هر طبقه A	مساحت m2	تراکم لغزش A/B*100	C/D*100	وزن مدل تراکم سطح (w)
رادیولاریت	۲۰۷۰۷	۱۷۵۲۶۴۰۴۸	۲۵۶	۲۱۶۶۷۸۴	۱/۲۳۶۲۹	۱/۳۶	-۰/۱۳
گرو	۸۱۲۶	۶۸۷۷۸۴۶۴	۴۰	۳۳۸۵۶۰	۰/۴۹۲۲۴	۱/۳۶	-۰/۸۷
گوری	۶۷۸۶	۵۷۴۳۶۷۰۴	۲۳۸	۲۰۱۴۴۳۲	۳/۵۰۷۲۲	۱/۳۶	۲/۱۴
ابرفت	۶۴۵۱	۵۴۶۰۱۲۶۴	۵۹	۴۹۹۳۷۶	۰/۹۱۴۵۸	۱/۳۶	-۰/۴۵
سروک	۱۳۷۳	۱۱۶۲۱۰۷۲	۰	۰	۰	۱/۳۶	-۰/۱۳۶۵

مأخذ: نگارندگان

جدول ۲: میزان تراکم لغزش‌ها بر روی طبقات شیب و وزن‌های محاسبه شده

طبقات شیب	تعداد پیکسل هر طبقه B	مساحت m2	تعداد پیکسل لغزشی هر طبقه A	مساحت m2	تراکم لغزش A/B*100	C/D*100	وزن مدل تراکم سطح (w)
>۸	۱۳۷۷۹	۱۱۶۶۲۵۴۵۶	۲۱۴	۱۸۱۱۲۹۶	۱/۵۵۳۰۸	۱/۳۶	۰/۱۹
۱۶-۸	۱۶۱۴۷	۱۳۶۶۶۸۲۰	۲۷۲	۲۳۰۲۲۰۸	۱/۶۸۴۵۲	۱/۳۶	۰/۳۲
۲۵-۱۶	۹۸۹۲	۸۳۷۲۵۸۸۸	۹۲	۷۷۸۶۸۸	۰/۹۳۰۰۴	۱/۳۶	-۰/۴۳
۳۵-۲۵	۳۳۰۸	۲۷۹۹۸۹۱۲	۱۵	۱۲۶۹۶۰	۰/۴۵۳۴۴	۱/۳۶	-۰/۹۱
۴۵-۳۵	۳۱۳	۲۶۴۹۲۳۲	۰	۰	۰	۱/۳۶	-۰/۱۳۶۵
۵۵-۴۵	۷	۵۹۲۴۸	۰	۰	۰	۱/۳۶	-۰/۱۳۶۵

مأخذ: نگارندگان

جدول ۳: میزان تراکم لغزش‌ها بر روی واحدهای جهت‌گیری دامنه و وزن‌های محاسبه شده

وزن مدل تراکم سطح (w)	C/D*100	تراکم لغزش A/B*100	مساحت m2	تعداد پیکسل لغزشی هر طبقه A	مساحت m2	تعداد پیکسل هر طبقه B	طبقات جهت‌گیری دامنه
-۰/۰۱۳۶۵	۱/۳۶	۰	۰	۰	۵۷۵۵۵۲	۶۸	مسطح
-۰/۴۸	۱/۳۶	۰/۸۸۸۹۷	۳۹۷۸۰۸	۴۷	۴۴۷۴۹۱۶۸	۵۲۸۷	شمال
۰/۴	۱/۳۶	۱/۷۶۰۹۱	۱۲۰۱۸۸۸	۱۴۲	۶۸۲۵۳۶۹۴	۸۰۶۴	شمال شرق
-۰/۲۵	۱/۳۶	۱/۱۱۸۸۵	۴۴۸۵۹۲	۵۳	۴۰۰۹۳۹۶۸	۴۷۳۷	شرق
۰/۶۳	۱/۳۶	۱/۹۹۲۸۶	۵۶۷۰۸۸	۶۷	۲۸۴۵۵۹۶۸	۳۳۶۲	جنوب شرق
-۰/۰۳	۱/۳۶	۱/۳۳۷۱۳	۶۳۴۸۰۰	۷۵	۴۷۴۷۵۴۷۶	۵۶۰۹	جنوب
-۰/۱۵	۱/۳۶	۱/۲۱۲۱۲	۶۷۷۱۲۰	۸۰	۵۵۸۶۲۴۰۰	۶۶۰۰	جنوب غرب
-۰/۳۳	۱/۳۶	۱/۰۳۳۴۹	۴۵۷۰۵۶	۵۴	۴۴۲۲۴۴۰۰	۵۲۲۵	غرب
۰/۳	۱/۳۶	۱/۶۶۸۸۹	۶۳۴۸۰۰	۷۵	۳۸۰۳۷۲۱۶	۴۴۹۴	شمال غرب

مأخذ: نگارندگان

جدول ۴: میزان تراکم لغزش‌ها بر روی لایه فاصله از جاده و وزن‌های محاسبه شده

وزن مدل تراکم سطح (w)	C/D*100	تراکم لغزش A/B*100	مساحت m2	تعداد پیکسل لغزشی هر طبقه A	مساحت m2	تعداد پیکسل هر طبقه B	طبقات فاصله از جاده (متر)
۸/۶۴	۱/۳۶	۱۰	۵۲۴۷۶۸	۶۲	۵۲۴۷۶۸۰	۶۲۰	۵۰-۰ متر
۸/۹۶	۱/۳۶	۱۰/۳۲۸۶۳	۵۵۸۶۲۴	۶۶	۵۴۰۸۴۹۶	۶۳۹	۵۰-۱۰۰ متر
۶/۷	۱/۳۶	۸/۰۶۴۵۱	۴۲۳۲۰۰	۵۰	۵۲۴۷۶۸۰	۶۲۰	۱۰۰-۱۵۰ متر
۴/۹۴	۱/۳۶	۶/۳۱۲۲۹	۳۲۱۶۳۲	۳۸	۵۰۹۵۳۲۸	۶۰۲	۱۵۰-۲۰۰ متر
-۰/۴۱	۱/۳۶	۰/۹۴۷۴۲	۳۲۸۴۰۳۲	۳۸۸	۳۴۶۶۲۶۱۹۲	۴۰۹۵۳	بیشتر از ۲۰۰

مأخذ: نگارندگان

جدول ۵: میزان تراکم لغزش‌ها بر روی واحدهای کاربری ارضی و وزن‌های محاسبه شده

وزن مدل تراکم سطح (w)	C/D*100	تراکم لغزش A/B*100	مساحت m2	تعداد پیکسل لغزشی هر طبقه A	مساحت m2	تعداد پیکسل هر طبقه B	طبقات کاربری ارضی
۰/۴	۱/۳۶	۱/۷۶۰۴۱	۵۱۱۲۲۵۶	۶۰۴	۲۹۰۳۹۹۸۴۰	۳۴۳۱۰	جنگل بلوط (تخریب شده)
-۰/۰۱۳۶۵	۱/۳۶	۰	۰	۰	۱۴۰۳۳۳۱۲	۱۶۵۸	اراضی بایر
-۰/۰۱۳۶۵	۱/۳۶	۰	۰	۰	۵۳۷۴۶۴۰	۶۳۵	اراضی دیم
-۰/۰۱۳۶۵	۱/۳۶	۰	۰	۰	۴۵۹۰۸۷۳۶	۵۴۲۴	مرتع
-۰/۰۱۳۶۵	۱/۳۶	۰	۰	۰	۱۱۹۷۶۵۶۰	۱۴۱۵	مرتع و باغ

مأخذ: نگارندگان

جدول ۶: میزان تراکم لغزش‌ها بر روی لایه‌ی فاصله از آبراهه و وزن‌های محاسبه شده

وزن مدل تراکم سطح (w)	C/D*100	تراکم لغزش A/B*100	مساحت m2	تعداد پیکسل لغزشی هر طبقه A	مساحت m2	تعداد پیکسل هر طبقه B	طبقات قاصه از آبراهه (متر)
۲/۱۷	۱/۳۶	۳/۵۳۱۷۲	۹۱۴۱۱۲	۱۰۸	۲۵۸۸۲۹۱۲	۳۰۵۸	۱۰۰-۰ متر
۲/۱۷	۱/۳۶	۳/۵۳۱۷۲	۹۱۴۱۱۲	۱۰۸	۲۴۴۴۴۰۳۲	۲۸۸۸	۲۰۰-۱۰۰ متر
۰/۹۲	۱/۳۶	۲/۲۸۵۶۴	۱۵۶۵۸۴۰	۱۸۵	۶۸۵۰۷۶۱۶	۸۰۹۴	۵۰۰-۲۰۰ متر
-۰/۶۷	۱/۳۶	۰/۶۹۰۴۲	۱۷۱۸۱۹۲	۲۰۳	۲۴۸۸۵۸۵۲۸	۲۹۴۰۲	بیشتر از ۵۰۰ متر

مأخذ: نگارندگان

جدول ۷: میزان تراکم لغزش‌ها بر روی لایه فاصله از روستا و وزن‌های محاسبه شده

وزن مدل تراکم سطح (w)	C/D*100	تراکم لغزش A/B*100	مساحت m2	تعداد پیکسل لغزشی هر طبقه A	مساحت m2	تعداد پیکسل هر طبقه B	طبقات قاصه از روستا (متر)
۱۰/۱۷	۱/۳۶	۱۱/۵۳۸۴۶	۷۶۱۷۶	۹	۶۶۰۱۹۲	۷۸	۵۰-۰ متر
۱۰/۱۷	۱/۳۶	۱۱/۵۳۸۴۶	۷۶۱۷۶	۹	۲۰۷۳۶۸۰	۲۴۵	۱۰۰-۵۰ متر
-۰/۰۱۳۶۵	۱/۳۶	۰	۰	۰	۳۴۶۱۷۷۶	۴۰۹	۱۵۰-۱۰۰ متر
۰/۰۰۷۵۵	۱/۳۶	۱/۳۶۷۵۵	۴۹۴۲۹۷۶	۵۸۴	۳۶۱۴۴۶۶۵۶	۴۲۷۰۴	بیشتر از ۱۵۰ متر

مأخذ: نگارندگان

جدول ۸: میزان تراکم لغزش‌ها بر روی واحدهای ژئومورفولوژی و وزن‌های محاسبه شده

وزن مدل تراکم سطح (w)	C/D*100	تراکم لغزش A/B*100	مساحت m2	تعداد پیکسل لغزشی هر طبقه A	مساحت m2	تعداد پیکسل هر طبقه B	طبقات اشکال ژئومورفولوژی
۰/۷۹	۱/۳۶	۲/۱۵	۴۸۹۲۴۰۰	۶۰۴	۲۲۶۵۰۸۴۰۴	۲۸۰۶۴	تپه‌های کوتاه با دامنه‌های محدب
-۰/۰۱۳۶۵	۱/۳۶	۰	۰	-۰	۱۲۸۶۲۸۰۰	۱۵۸۸	تپه‌های بلند با دامنه‌های مستقیم
-۰/۰۱۳۶۵	۱/۳۶	۰	۰	-۰	۶۲۶۱۳۰۰	۷۳۳	مخروط افکنه
-۰/۰۱۳۶۵	۱/۳۶	۰	۰	۰-	۱۱۶۵۵۹۰۰	۱۴۳۹	دشت سر
۰/۲۶۴	۱/۳۶	۰/۳۶۰۰۴	۱۹۴۴۰۰	۲۴	۵۳۹۹۴۶۰۰	۶۶۶۶	دامنه‌های مستقیم (ساختمانی)
۰/۰۸۶۵	۱/۳۶	۰/۱۱۷۷۴	۷۲۹۰۰	۹	۶۱۹۱۶۴۰۰	۷۶۴۴	دامنه‌های مقعر (فرسایشی)

مأخذ: نگارندگان

نتایج و بحث

الف- نتایج

نتایج حاصل از تحلیل جداگانه هر یک از متغیرهای مستقل با توده‌ی لغزشی (به عنوان متغیر وابسته) در حوضه‌ی آبخیز جوانرود با توجه به ۸ لایه‌ی اطلاعاتی شامل: شیب، لیتولوژی، جهت‌گیری دامنه، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از سکونتگاه، کاربری ارضی و ژئومورفولوژی در جداول ۱ تا ۸ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که دو سازند گورپی با تراکم ۲/۱۴ درصد و رادیولاریت با تراکم ۰/۱۳- درصد، از بیشترین استعداد برای وقوع لغزش در حوضه‌ی جوانرود برخوردارند. از لحاظ شیب، طبقه شیب ۸-۱۶ درصد، با حدود ۰/۳۲ درصد تراکم، بیشترین لغزش را به خود اختصاص داده است. بنابراین هر چند شیب از عوامل ژئومورفولوژیکی مؤثر در ناپایداری دامنه‌هاست و رابطه‌ی آن به طور مستقل و تئوریک با ناپایداری دامنه یک رابطه‌ی خطی مستقیم است، اما در عمل شاهد یک رابطه‌ی غیرخطی در منطقه‌ی مورد مطالعه هستیم. دلیل آن به شکل دامنه و نوع لغزش مربوط می‌شود که مورد بحث قرار خواهد گرفت. به هر حال از نظر جهت‌گیری دامنه، دامنه‌های رو به شمال‌شرق و از نظر کاربری ارضی نیز بیشترین تراکم لغزش با اراضی جنگل بلوط تخریب شده انطباق دارد. اما مهمترین نتایج مربوط به تبعیت تراکم نقاط لغزشی با زیر بری دامنه‌ها توسط رودخانه و جاده است. این بررسی معلوم کرده است که دامنه‌های اراضی تپه ماهوری متشکل از لایه‌های شیلی و مارنی حوضه به دلیل برخورداری از قشر ضخیم خاک و مواد هوازده و همچنین تخریب پوشش جنگل روی آن، چنانچه در معرض زیربری قرار گیرد دچار لغزش خواهند شد. چون عمده زیربری‌ها در این حوضه نتیجه‌ی دخالت انسان بوده است می‌توان گفت انسان به‌عنوان یک فاکتور مهم در وقوع ناپایداری‌های حوضه محسوب می‌شود. بر این اساس حدود ۵۶٪ اراضی حوضه‌ی جوانرود در معرض ناپایداری با خطر زیاد تا خیلی زیاد قرار دارد (جدول ۹).

ب- بحث

حوضه‌ی آبخیز جوانرود از لحاظ زمین‌لغزش از مناطق شناخته شده‌ی استان کرمانشاه است. انطباق لغزش‌های گذشته با سنگ‌های مارنی و شیلی حاکی از آن است که دو سازند گورپی و رادیولاریت کرمانشاه زمینه‌ساز این پدیده در منطقه‌ی مورد مطالعه محسوب می‌شوند. این دو سازند از دیدگاه زمین‌ریخت‌شناسی، عمدتاً اراضی تپه‌ماهوری و یا کوه‌های گنبدی با دامنه‌های محدب ساخته‌اند. آسیب‌پذیری این سازندها و شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه (نیمه‌مرطوب سرد) باعث هوازده‌گی شدید آنها شده است. ماندگاری مواد هوازده بر روی سطوح کم شیب این

تپه‌ها، افزایش ضخامت آنها را به همراه داشته است. تحت حاکمیت همین شرایط نیز جنگل بلوط به‌طور طبیعی در سطح آنها روییده است. از سوی دیگر فشردگی کوهها و عمق دره‌ها باعث شده است تا عمده‌ی فعالیت‌های انسانی جهت مقاصد مختلف در سطح همین اراضی صورت گیرد. این اقدامات بخصوص توسعه‌ی کشاورزی و دامداری موجب تخریب شدید اراضی جنگلی شده است. اصولاً پوشش درختچه‌ای تنک نظیر جنگل مخروطه در صورت فراهم بودن سایر شرایط بستر مناسبی جهت ناپایداری‌ها محسوب می‌شود (گرین وی^۱، ۱۹۸۷: ۲۳۰-۱۸۷). نتیجه‌ی مطالعات (ویکزورک^۲، ۱۹۹۷: ۳۱-۲۱) نیز حاکی از نقش مثبت دامنه‌های محدب در وقوع لغزش است. هر دو این شرایط در منطقه‌ی جوازورد وجود دارد.

هنگامی که خاک و مواد دامنه‌ای این اراضی آب جذب می‌کنند ناپایدار می‌شوند که با زیربری پای آنها توسط زهکش یا جاده، امکان جابجایی ناگهانی این مواد در قالب لغزش فراهم می‌گردد. در شکل ۱۲ نمونه‌هایی از این پدیده در حوضه‌ی مورد بررسی مشاهده می‌شود. مطابق بررسی‌های انجام شده از طریق مشاهده‌ای، لغزش‌های منطقه‌ی جوازورد از نوع سطحی هستند و عمدتاً خاک و مواد هوازده (رگولیت) را تحت تأثیر قرار می‌دهند. نحوه‌ی حرکت آنها به اشکال مختلف است. از میان ۳۱ رخداد لغزشی ثبت شده در سطح حوضه ۵۴.۸ درصد آنها از نوع لنداسلاید، ۲۵.۸ درصد از نوع سیلانی و ۱۹.۴ درصد از نوع مرکب (ترکیبی از اسلاید و سیلان) بوده است. هرچند لغزش‌های حوضه‌ی جوازورد از نوع سطحی هستند و این نوع لغزش‌ها نیز معمولاً در ابعاد خیلی بزرگ روی نمی‌دهد با این حال پدیده‌ی لغزش در این حوضه یک تهدید جدی برای زمین‌های کشاورزی و اراضی مرتعی است و همچنین برای تردد جاده‌ای خطر آفرین می‌باشند. با توجه به ابعاد توده‌های لغزشی و شکل آنها با احداث دیوار در پای دامنه‌ها در ترانشه‌های جاده می‌توان تا حدود زیادی از خطر آنها جلوگیری کرد.

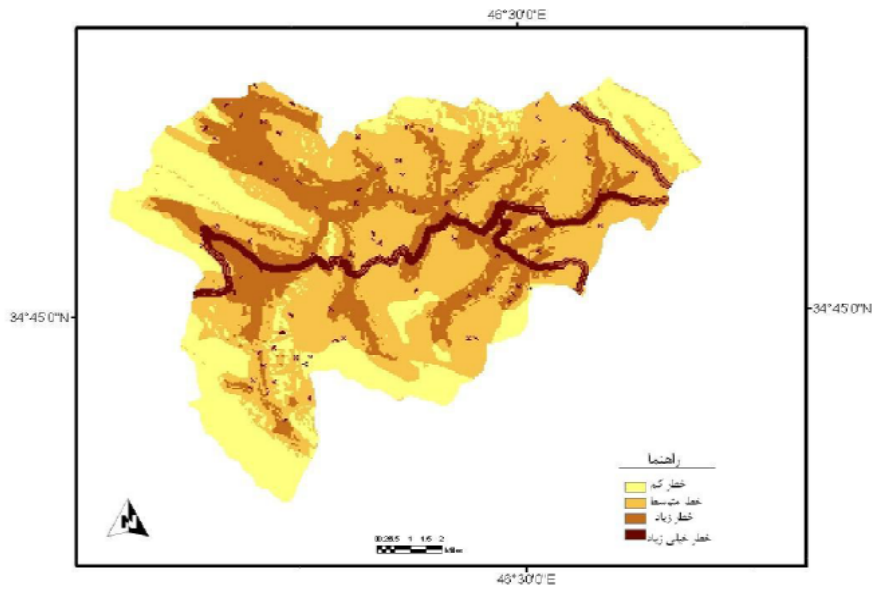
جدول ۹: مساحت وسعت طبقات لغزشی در مدل تراکم سطح

طبقات لغزشی	درصد مساحت	مساحت (متر مربع)
خطر کم	۸/۵۷	۳۱۵۴۹۵۰۰
خطر متوسط	۲۵/۳۵	۹۳۳۲۰۰۹۶
خطر زیاد	۴۹/۲۱	۱۸۱۱۸۰۸۰۰
خطر خیلی زیاد	۱۶/۸۶	۶۲۱۰۲۷۰۰

مأخذ: نگارندگان

1 -Green Way, D.R

2 -Wiczorek, G. F



شکل ۱۱: نقشه‌ی پتانسیل خطر زمین لغزش در حوضه‌ی جوانرود
مأخذ: نگارندگان



شکل ۱۲: نمونه‌هایی از حرکات دامنه‌ای در حوضه‌ی آبخیز جوانرود
مأخذ: نگارندگان

منابع

- ۱- احمدی، حسن و علی طالبی‌اسفندرانی (۱۳۸۰). بررسی عوامل مؤثر در ایجاد حرکات توده‌ای (لغزشی)، مطالعه موردی: منطقه اردل استان چهارمحال بختیاری، مجله منابع طبیعی ایران. شماره ۵۴.
- ۲- احمدی، حسن؛ شیرین محمدخانی؛ سادات فیض‌نیا و جمال قدوسی (۱۳۸۴). ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از ویژگی‌های کیفی و تحلیل سلسله‌ی مراتبی سیستم‌ها (AHP)، مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۵۸.
- ۳- تاربوک، ادوارد و فردریک، جیش‌لوتکین (۱۹۸۹). مبانی زمین‌شناسی، ترجمه‌ی رسول اخروی. تهران. انتشارات مدرسه.
- ۴- ثروتی، محمدرضا؛ حسن لشکری و اسداله مؤمنی (۱۳۸۷). هیدروژئومورفولوژی حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی ليله جوانرود، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. شماره ۱۰.
- ۵- جباری، ایرج (۱۳۸۳). عوامل ناپایداری دامنه‌ها در مناطق کوهستانی غرب دریاچه ارومیه، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۰.
- ۶- جباری، ایرج و جواد میرنظری (۱۳۸۶). پهنه‌بندی رویداد زمین‌لغزش در حوضه‌ی آبریز پشت‌تنگ، شهرستان سرپل ذهاب، استان کرمانشاه، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۹.
- ۷- جلالی، نادر (۱۳۸۱). ارزیابی تعدادی از روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه‌ی طالقان، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. تهران. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۸- حق‌شناس، ابراهیم (۱۳۷۴). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و ارتباط آن با تولید رسوب در حوضه‌ی آبخیز طالقان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. تهران. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۹- خطیبی، مریم (۱۳۸۳). بررسی نقش ویژگی‌های سازندهای سطحی در وقوع لغزش، مطالعه‌موردی: دامنه‌های شمالی قوشه‌داغ (بین اهر و مشکین‌شهر)، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۲.
- ۱۰- سیارپور، م (۱۳۷۸). پهنه‌بندی پتانسیل خطر زمین‌لغزش در جنوب خلخال، استان اردبیل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
- ۱۱- شادفر، صمد؛ جمال قدوسی؛ سیدعلی خلخالی و عطاءاله کلارستانی (۱۳۸۷). بررسی‌وارزیابی روش‌های آماری دو متغیره و LNRE در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، مطالعه موردی: حوزه‌ی آبخیز جنت رودبار. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. شماره ۷۸.
- ۱۲- شریعت جعفری، محسن و جعفر غیومیان (۱۳۸۷). ارزیابی کارایی مدل آنالیز آماری دو متغیره در پهنه‌بندی خطر رانش زمین، مجله علوم دانشگاه تهران. شماره ۳۴.
- ۱۳- شیرانی، کورش؛ جعفر غیومیان و احمد مختاری (۱۳۸۴). بررسی و ارزیابی روش‌های آماری دو متغیره و چند متغیره در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه رودخانه ماربر، نشریه‌ی آب و آبخیز. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۱۴- فاطمی عقدا، م و ج، غیومیان و ع، اشقلی فراهانی (۱۳۸۲). ارزیابی کارایی روش‌های آماری در تعیین پتانسیل خطر زمین‌لغزش، فصلنامه علوم زمین. شماره ۴۸-۴۷.

- ۱۵- فرهادی نژاد، ط (۱۳۸۱). ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه سرخاب، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. تهران پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۱۶- کرم، عبدالامیر و فرجاله محمودی (۱۳۸۴). مدل‌سازی کمی و پهنه‌بندی زمین‌لغزش در زاگرس چین-خورد، مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز سرخون در استان چهارمحال بختیاری. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۱.
- ۱۷- کرم، عبدالامیر (۱۳۸۰)؛ مدلسازی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در زاگرس چین‌خورد، مطالعه موردی: حوضه آبخیز سرخون استان چهارمحال بختیاری. رساله دکتری. دانشکده علوم انسانی. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۸- کوک، آر، یو و جی، سی، دورکمپ (۱۳۷۷). ژئومورفولوژی و مدیریت محیط، ترجمه شاپور گودرزی نژاد. تهران. انتشارات سمت.
- ۱۹- محمودی، فرجاله (۱۳۸۲). ژئومورفولوژی دینامیک، تهران. انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۲۰- هاشمی طباطبایی، سعید (۱۳۸۶). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در بخشی از استان اردبیل، مجله تازه-های ساختمان و مسکن.

- 21- Anbalagan, R(1991). Terrain evaluation and landslide hazard zonation for environmental regeneration and land use planning in mountainous terrain. A. A. Balkema Rotterdam Brookfield.
- 22- A nbalagan, R (1992). Landslide hazerd development and zonation mapping in mountainous terrain. Engineering geology. 32.
- 23- Atkin, B. C; Johnson, J.A (1988). The earth Problems and perspectives. USA. Blackwell scientific Publications.
- 24- Dai, F. C; C. F. Lee (2002). Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS. lantau island. Hong Kong. geomorphology. 42.
- 25- Green way, D.R(1987).vegetation and slope stability.Wiley.New york.
- 26- Guzzetti, F; M, cardinali; P. Relchenbach; A. Carrara (2000). Comparing landslide map.A case study in the upper Tiber river basin. Central Itly. environmental management. 25.
- 27- Moreiras, S. M (2005). Landslide susceptibility zonation in the Rio Mendoza vally. Argantina. geomorphology. 66.
- 28- Sarolee, K. M (2001); Statistical analysis of landslide susceptibility at Yonging. Korea.Environmental geology. 40.
- 29- Sara, L; M, Kyungduck (2001). Statistical analysis of landslide susceptibility at Yonging. Korea. Environmental geology. 40.
- 30- Van Westen,C. J; N. Rengers;R . Soaters (1993). Geographic information systems applied to landslide hazard zonation. Mapping awareness and GIS in Europe.17. 5.
- 31- Van Westen, C. J; N. Rengers; M. T. J. Terline: R. soaters (1997). Predication of the occurrence of slope instability phenomena through GIS-Based hazard zonation. Geologisches Runds chall. 86.
- 32- Wiczorek, G. F; Mandron. G; Decola. L (1997). The influence of hillslope hazards mitigation: mechanics, prediction and assessment. American Society of civil Engineers. New York.