نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هفتم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹
صفحات ۱۴۷ – ۱۶۲

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش‌های وزن‌دهی اطلاعاتی و تراکم سطح در حوضهٔ آبخیز قوچان- شیروان

زینب مجرد تیتکانلو؛ کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، گروه آب و هواشناسی و ژئومرفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

جواد جمال آبادی[1]؛ دکتری ژئومورفولوژی، گروه آب و هواشناسی و ژئومرفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

نجمه شفیعی؛ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه آب و هواشناسی و ژئومرفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

محمدعلی زنگنه اسدی؛ دانشیار ژئومورفولوژی، گروه آب و هواشناسی و ژئومرفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

کبری پرک؛ کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، گروه آب و هواشناسی و ژئومرفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

دریافت مقاله : ۱۳۹۷/ ۰۸/۰۳ پذیرش نهایی:۱۳۹۸/۱۰/۳۰

چکیده

زمین‌لغزش یکی از انواع مخاطرات طبیعی می‌باشد که تحت تأثیر عوامل مختلف (طبیعی و انسانی) در سطح دامنه‌های مناطق کوهستانی به وقوع می‌پیوندد. این تحقیق به منظور ارزیابی و شناخت مکانیزم عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌های حوضه قوچان- شیروان و پهنه‌بندی این پدیده براساس عوامل مؤثر با استفاده از دو مدل وزن‌دهی اطلاعاتی (Information Value) و تراکم سطح (Density surface) انجام شد. ابتدا با استفاده از بررسی‌های میدانی و مرور مطالعات انجام شده و نیز نقشه‌های موضوعی موجود، اقدام به بررسی و تعیین ۱۱ عامل مؤثر در رخداد زمین‌لغزش شامل لیتولوژی، خاکشناسی، کاربری اراضی، شیب، جهت شیب، ارتفاع، فرسایش، اقلیم، فاصله از جاده، فاصله از گسل و فاصله از آبراهه شد. سپس به منظور بالابردن دقت و سهولت در تحلیل، تمامی اطلاعات مکانی و توصیفی وارد نرم افزار GIS گردید. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی و وزن‌دهی به عوامل مؤثر با استفاده از نقشه پراکنش زمین‌لغزش، اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر بر اساس روش‌های آماری تراکم سطح و وزن‌دهی اطلاعاتی شد و نتایج مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که بخش جنوب غربی حوضه بیشترین میزان حساسیت به لغزش را به خود اختصاص داده است و مهمترین عامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش در محدوده، عامل لیتولوژی و کاربری اراضی می‌باشد و مدل تراکم سطح از ارزش ۱۲٪ بیشتری نسبت به مدل وزن‌دهی اطلاعاتی، برخوردار است.

واژه های کلیدی: **حوضه آبخیز قوچان- شیروان ، روش تراکم سطح، روش وزن دهی اطلاعاتی، زمین لغزش.**

۱- نویسنده مسئول: Email:javadjamalabadi@yahoo.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]

مقدمه

حرکات توده‌ای مواد عبارت است از جابجایی مواد هوازده و سنگها روی دامنه‌ها تحت تأثیر نیروی ثقل که شناخت و تشخیص آن حداقل به سال ۱۸۶ میلادی در چین باز می‌گردد(Borabb, ۱۹۹۱: ۵۲). زمین لغزش یکی از انواع حرکات توده‌ای است که از پایین افتادن یا حرکت یکپارچه و اغلب ســـریع حجمی از مواد رســـوبی در امتداد دامنه‌ها رخ می‌دهد(ایزدی و انتظاری ،۱۳۹۲). این حرکات ممکن است به صورت آرام و کند(چند میلیمتر در سال) و یا ناگهانی و سریع (۱۶۰کیلومتر در ساعت) به وقوع بپیوندد که در بسیاری موارد حوادث تأسف باری را نیز موجب می‌شود (selby,۱۹۷۰:۵۷). پهنه‌بندی لغزش شامل تقسیم بندی سطح زمین به مناطق مجزا و رتبه‌بندی کردن این مناطق بر اساس درجه واقعی یا پتانسیل خطر ناشی از بروز زمین‌لغزش بر روی شیب دامنه‌هاست(شریعت جعفری، ۱۳۷۵: ۱۴۸). شناسایی و طبقه بندی نواحی مستعد لغزش و پهنه بندی خطر آن گامی مهم در ارزیابی خطرات محیطی به شمار رفته و نقش غیرقابل انکاری را در مدیریت حوضه‌های آبخیز ایفا می‌نماید(sakara, ۱۹۹۵: ۳۰۰). روش‌های مختلف پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به دو صورت تجربی و آماری اقدام به تقسیم‌بندی سطح زمین به مناطق جدا از هم کرده و این مناطق را براساس پتانسیل خطر ناشی از بروز زمین‌لغزش رتبه‌بندی می‌کنند(شریعت جعفری، ۱۳۷۵: ۱۴۹). شناسایی و انتخاب مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در یک محدوده باعث می‌شود تا با اطمینان بالاتری به نتایج، برای پیشگیری یا بهبود شرایط، اقدامات لازم انجام شود(شیرانی و سیف،۱۳۹۱). افزایش روند بهره‌برداری از اراضی با اهداف متفاوت به ویژه در سال‌های اخیر به همان نسبت موجب افزایش وقوع پدیده زمین‌لغزش و انواع خسارت‌های حاصله از آن در سطح حوضه مورد مطالعه گردیده است. بنابراین مطالعه و بررسی متغیرهای مؤثر در وقوع لغزش و از سویی تفکیک پهنه‌های مخاطره آمیز، اهداف این تحقیق را شامل می‌شود. در این پژوهش از روش‌های آماری وزن‌دهی اطلاعاتی و تراکم سطح جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده شده است.

ویلیام و پارتنر (William & Partner,۱۹۸٦) به ارزیابی پتانسیل زمین‌لغزه و استعداد دامنه‌ها در برابر پدیده زمین‌لغزش پرداختند و نقشه برنامه‌ریزی زمین‌لغزه را تهیه نمودند. اسکاویا و کامپوس(Scavia & Campus, ۲۰۰۰) به تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداختند. تورستون و همکاران(۲۰۰۰ Thurston, et. al.,) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش دریای شیر با استفاده از انطباق کلاس‌های عوامل مختلف با زمین‌لغزش‌های موجود در منطقه و ناگاراجان و همکاران(Nagarajan, et. al., ۲۰۰۰) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در نواحی حاره‌ای هند با استفاده از روش وزن‌دهی به پارامترهای منطقه‌ای و اقلیمی پرداختند. آینیو و باربیری (۲۰۰۵ Avenew & Barbieri,) در اتیوپی با بررسی عوامل مؤثر بر وقوع لغزش‌ها، نقشه پایداری زمین‌لغزش را تهیه نمودند. ریموندو و همکاران (Romondo, et. al., ۲۰۰۷) در شمال اسپانیا با استفاده از GIS رابطه بین فاکتورهای مربوط به زمین‌لغزش را به دست آوردند و یک ارزیابی کمی از خطر زمین‌لغزش ارائه دادند. یالسین (Yalcin, ۲۰۰۸) به بررسی حساسیت زمین‌لغزش در اردسن ترکیه پرداخت و نتایج روش‌های AHP[۱] و دو متغیره را با هم مقایسه کرد. نیک اندیش (۱۳۷۸) اقدام به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضهٔ کارون میانی با استفاده از مدل های ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح نمود. فاطمی‌عقدا و همکاران(۱۳۸۲) به ارزیابی روش‌های آماری در تعیین قابلیت خطر زمین لغزش منطقهٔ رودبار پراختند. ملکی و قربانپور(۱۳۸۷) در مطالعه‌ای اقدام به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه چرمله شهرستان

[۱] -Analitic Hierarchy Process

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

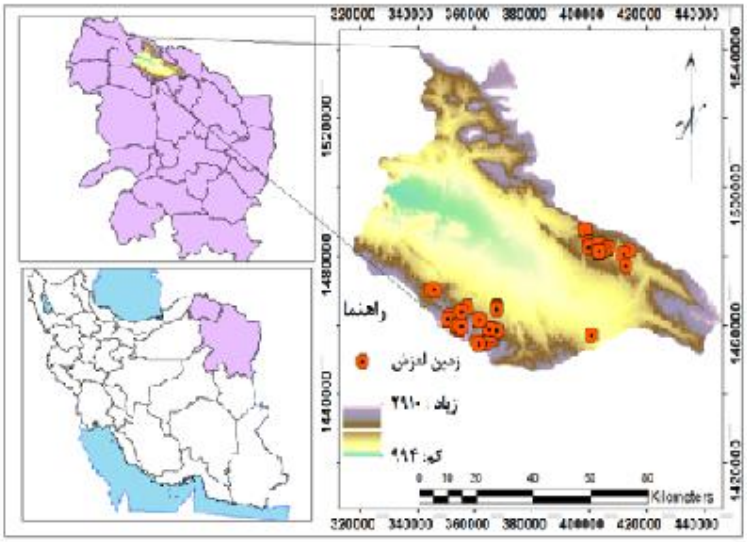
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]

سنقر با استفاده از روش تراکم سطح، ارزش اطلاعاتی و وزن متغیرها نمودند. صابرچناری و همکاران(۱۳۹۴) در تحقیقی، کارایی دو مدل ارزش اطلاعات و LNRF[۱] در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه‌ی آبخیز زیارت را ارزیابی کردند. ایلانلو و همکاران(۱۳۹۵) به پهنه‌بندی خطر وقوع حرکات دامنه‌ای حوضه آبخیز زهره و قبادی و همکاران (۱۳۹۶) نیز به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه پشت دربند استان کرمانشاه با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعاتی، تراکم سطح وLNRF پرداختند.

هدف از انجام این پژوهش بررسی مناطق لغزشی و شناسایی محدوده خطرپذیر و تعیین حریم آن ها و جلوگیری از ساخت و سازها در این مناطق می باشد.

داده‌ها و روش کار

محدوده مورد مطالعه (شکل۱)، حوضه آبخیز قوچان- شیروان واقع در مرز دو استان خراسان شمالی و رضوی و جزء حوضه آبریز اترک- کشف رود می‌باشد. این محدوده در طول جغرافیایی ′۳۴ °۵۷ تا ′ ۰۳ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی°۳۶ ′۵۶ تا ′۴۷ ° ۳۷ شمالی قرار دارد که از شمال به دشت درگز، از جنوب به دشت مشهد، از شرق به حوضه کلات نادری و از غرب به حوضه‌های بجنورد، اسفراین و صفی آباد محدود شده‌است. مساحت این حوضه برابر ۵۶۲۶ کیلومترمربع می‌باشد. بیشترین ارتفاع حوضه در کوهستان‌های بخش شمالی و جنوبی معادل ۲۹۱۰ متر و کمترین ارتفاع آن در غرب و مرکز حوضه به میزان ۹۹۴ متر می باشد.



شکل۱: موقعیت حوضه آبخیز قوچان- شیروان

حوضه مورد مطالعه به دلیل شرایط خاص لیتولوژیکی، ساختاری و اقلیمی از جمله نواحی است که همه ساله شاهد زمین لغزش‌هایی در ابعاد مختلف می‌باشد. شرایط خاص زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی، اقلیمی و نوع استفاده از زمین سبب شده که این حوضه از مناطق مستعد زمین لغزش به شمار آید و همه ساله شاهد زمین لغزش هایی در ابعاد مختلف باشد. بروز این حوادث که عمدتاً مربوط به نواحی کوهستانی و روستایی می‌باشد با خسارات گوناگونی در اراضی کشاورزی، خانه‌های مسکونی، جاده‌های مواصلاتی و در نهایت تلفات جانی و مالی همراه است(غفوری و

[۱] - Landslide Naminical Risk Factor

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]

عاشوری، ۱۳۷۶: ۲). شکل (۲) نمونه‌ای از لغزش دامنه در سطح حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد که در روستای گدوگانلو واقع در شهرستان شیروان به وقوع پیوسته و باعث جابجایی سنگها از روی دامنه به داخل باغات و ایجاد خسارت نیز شده است.

شکل۲: زمین‌لغزش در روستای گدوگانلو

در این پژوهش عوامل مؤثر به منظور پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با توجه به نکاتی از قبیل هدف، مقیاس کار، شرایط منطقه و میزان تأثیرگذاری هر عامل تعیین شدند. سپس عواملی را که نقش اساسی در وقوع زمین لغزش دارند و نیز نقشه ها و اطلاعات مربوط به آنها کامل‌تر بوده، مورد استفاده قرار گرفت. باتوجه به شرایط خاص لیتولوژیکی، ساختاری و آب و هوایی حوضه مورد مطالعه، مهمترین معیارهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش، ارتفاع، اقلیم، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، شیب، جهت شیب، خاک، فرسایش، فاصله از آبراهه، گسل و جاده شناسایی شدند که هرکدام از آنها نقش قابل توجهی در میزان و نوع بارندگی، نفوذ، درجه حرارت، تشکیل خاک، حرکت و جابجایی توده مواد و برهم خوردن تعادل و افزایش ناپایداری دامنه‌ها دارند(مقیمی و همکاران، ۱۳۸۷). به‌منظور تعیین همبستگی بین نقاط لغزشی و هریک از عوامل مؤثر بر لغزش، از مدل احتمالی نسبت فراوانی استفاده شده‌است. برای تعیین نسبت فراوانی ابتدا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، درصد مساحت نقاط لغزشی و فاقد لغزش در منطقه مورد مطالعه تعیین و سپس نسبت فراوانی برای هر یک از طبقه های عوامل، از تقسیم نسبت درصد مساحت نقاط لغزشی به درصد مساحت مناطق غیرلغزشی محاسبه گردید. پس از تعیین وسعت و درصد زمین لغزش‌ها در طبقات مختلف، کمی کردن عوامل مؤثر و وزن‌دهی به طبقات با توجه به عوامل مدل‌های ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح صورت پذیرفت و در پایان نقشه‌های عوامل براساس مقادیر وزنی تهیه شد(شیرانی و سیف، ۱۳۹۰). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با روش‌های متفاوتی صورت می‌گیرد که بسیاری از این روش‌ها بر اساس شرایط ویژه مناطق مورد بررسی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. باتوجه به نقشه پارامترهای مؤثر تهیه شده، نیاز مدل‌های مختلف پهنه‌بندی به داده‌ها و امکان نظارت و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]

کنترل مراحل اجرا و انعطاف‌پذیری داده‌ها در روش‌های آماری، در این پژوهش از روش‌های آماری وزن‌دهی اطلاعاتی و تراکم سطح استفاده شده است.

- **روش وزن‌دهی اطلاعاتی** (Winf):

یک روش آماری برای پیش‌بینی فضایی یک رویداد بر اساس رابطه پارامتر و رویداد است(رحیم زاده و علایی ۱۳۹۴). این روش توسط (Yan Wayne, ۱۹۸۸) ارائه شد. در این روش رخداد رانش زمین، متغیر وابسته و عوامل ذاتی و محیطی متغیرهای مستقل تلقی می شود و میزان اثر هر یک از عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش مستقل از دیگری ارزیابی می‌شود. تحلیل نهایی از پتانسیل ناپایداری برای هریک از واحدهای منطقه، براساس مجموع اثر کلیه عوامل در آن واحد انجام می‌گیرد. سپس وزن واقعی هر رده از لایه‌های اطلاعاتی و ارزش هر واحد به واسطه جمع اطلاعاتی محاسبه می‌شود(شعبانی و همکاران۱۳۹۳). با این مدل می‌توان متغیرهای کیفی را کمی کرد و با تغییر متغیر یعنی گرفتن لگاریتم طبیعی Ln وزن‌های متغیرهای بسیار را نیز محاسبه کرد(Jade & Sarkar, ۱۹۹۳; van Westen, ۱۹۹۷a; Ilwis applications Guide, ۱۹۹۷). در روش بالا، نرخ مربوط به هر طبقه از عوامل مؤثر از رابطه (۱) دست می آید:

$$Winf= Ln[(A/B)/(C/D)]$$ رابطه(۱)

که در آن Ln لگاریتم طبیعی، A مساحت حرکات توده‌ای هر واحد، B مساحت هر طبقه، C مساحت کل حرکات توده‌ای، D مساحت کل حوضه به هکتار و Winf وزن ارزش اطلاعاتی است(شادفر و همکاران، ۱۳۹۰). سپس با توجه به نرخ‌های به‌دست آمده برای کلاس‌های مختلف، نقشه نهایی پهنه‌بندی حرکات توده‌ای به‌دست می‌آید. برای این کار ابتدا لایه‌ها با توجه به نرخ‌های به‌دست آمده تهیه می‌شوند، سپس با روی‌هم گذاری و جمع زدن ارزش پیکسل‌ها برای عوامل مختلف، نقشه نهایی به‌دست می‌آید.

- **روش تراکم سطح:**

این روش توسط (Van Westen, ۱۹۹۳) ارائه شد. در این روش نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها با هریک از نقشه‌های پایه تلفیق می شود و براساس روابط ۲ و ۳ وزن هر طبقه به‌دست می‌آید.

$$W_{arear} =۱۰۰* C/D$$ رابطه (۲)

$$D_{arear} =۱۰۰* A/B$$ رابطه (۳)

که در آن‌ها D_{arear} تراکم سطح، W_{area}وزن تراکم سطح، A مساحت زمین‌لغزش هر واحدکاری، B مساحت هر واحدکاری، C مساحت کل زمین لغزش‌ها، D مساحت کل منطقه می‌باشد. در روش تراکم سطح، نرخ تراکم مربوط به هر طبقه از عوامل، از روابط ۲ و ۳ به‌دست می‌آید(Lee & kyungduck, ۲۰۰۱).

شرح و تفسیر نتایج

با توجه به جداول (۱و۲)، نتایج به‌دست آمده از بررسی عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش در سطح حوضه مورد مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]

سنگ‌شناسی: بررسی عامل زمین‌شناسی نشان می‌دهد که لیتولوژی پی‌سنگ در منطقه مورد مطالعه عمدتاً از شیل‌های رسی و سیلتی، سیلتستون، ماسه سنگ، مارن، سنگهای کربناته و گچ و آهک تشکیل شده است و با توجه به اینکه این سنگها از کانی‌های رسی و لایه‌های گچی و مارنی غیر قابل نفوذ تشکیل شده است؛ لذا آب در حد فاصل بین پی‌سنگ و مواد هوازده جمع شده و در نتیجه مواد هوازده به شکل توده‌ای (ریزش و جریان خاکی) تحت تأثیر نیروی ثقل به طرف پایین حرکت می‌کند(مقیمی و همکاران، ۱۳۸۷). در بین سازندهای مختلفی که در منطقه مورد مطالعه وجود دارد، سازند آهکی لار واقع در بخش‌های جنوب غربی حوضه، بیشترین ارزش را در وقوع زمین لغزش به خود اختصاص داده که مقدار آن در روش وزن‌دهی برابر ۱۵/۷۰ و در روش تراکم سطح برابر ۱۶/۷۸ می‌باشد. باتوجه به قرارگیری این سازند به‌صورت هم‌شیب بر روی سازند شوریجه، نفوذ و تجمع آب در کنتاکت بین دو سازند افزایش می‌یابد که این امر حساسیت سازند آهکی لار را نسبت به وقوع حرکات توده‌ای بالا برده است(شکل ۳). کمترین میزان حساسیت نیز مربوط به سازندهای کواترنری واقع در بخش‌های مرکزی حوضه می‌باشد.

شکل ۳: ریزش مواد هوازده به سمت پایین‌دست دامنه در محدوده مورد مطالعه

شیب دامنه‌ها: معمولاً انتظار می‌رود که هرچه میزان شیب بیشتر باشد، ناپایداری نیز بیشتر می‌شود. نتایج بررسی عامل شیب در سطح حوضه مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین حساسیت به لغزش مربوط به کلاس‌های شیب ۱۶تا ۲۴ درجه می‌باشد و مقدار ارزش آن در روش وزن‌دهی و تراکم سطح به‌ترتیب برابر با ۰/۷ و ۰/۰۱ می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که شیب و مورفولوژی دامنه‌ها تأثیر بسیار زیادی در وقوع پدیده زمین‌لغزش دارد؛ به طوری که در شیب‌های طبیعی افزایش ناپایداری به شکل لغزش تا درجه معینی از شیب به وقوع می‌پیوندد و بعد از آن درصد ناپایداری‌ها کاهش می‌یابد. علت این امر را می‌توان مربوط به سختی لیتولوژی تشکیل‌دهنده این دامنه‌ها و تغییر فرایندهای حرکات توده‌ای دانست (شادفر و یمانی، ۱۳۸۶).

ارتفاع: این عامل به طور غیرمستقیم، تعیین‌کننده بسیاری از عوامل مسبب زمین‌لغزش مانند بارش سالانه، نوع بارش، تغییرات دما، یخبندان و ذوب یخ، تخریب فیزیکی و هوازدگی شیمیایی است. با این وجود این عامل در وقوع زمین‌لغزش می‌تواند بسیار مهم و اثرگذار باشد(مقیمی و همکاران، ۱۳۸۷). نقشهٔ ارتفاع حوضه با استفاده از روند تغییرات منحنی هیستوگرام طبقه‌بندی شد و با منطبق نمودن نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها با نقشه طبقات ارتفاعی، ملاحظه شد که حدود ۳۱ درصد لغزش‌ها در سطوح ارتفاعی ۱۵۷۲ تا ۱۸۴۲ متر رخ داده‌اند که در روش وزن‌دهی برابر

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]

۲/۱۰ و در روش تراکم سطح برابر ۳/۱۸ می‌باشد و پایدارترین منطقه نیز در ارتفاع ۹۹۴ تا ۱۳۲۰ متر واقع شده که در روش وزن‌دهی برابر ۱/۰۸- و در روش تراکم سطح برابر۰ می‌باشد.

جهت شیب: از نظر جهت شیب، مناطق واقع در جهت شمالی(N)، بیشتر درمعرض خطر لغزش قرار دارند و میزان خطرپذیری آن در روش وزن‌دهی برابر ۰/۷۰ و در تراکم سطح ۱/۷۸ می‌باشد. این موضوع ناشی از آن است که دامنه‌های شمالی به دلیل زاویه و طول مدت کمتر تابش خورشیدی در نیمکره شمالی، دارای بیشترین رطوبت خواهند بود. بنابراین شرایط مهیاتری نسبت به دامنه‌های جنوبی برای رخداد زمین‌لغزش در این دامنه‌ها وجود خواهد داشت(شیرانی و سیف، ۱۳۹۱).

اقلیم: در بررسی تیپ اقلیمی، کمترین حساسیت مربوط به اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد که در روش وزن‌دهی برابر ۰/۰۰۲- و در تراکم سطح برابر ۰/۰۰۸ می‌باشد و بیشترین میزان حساسیت به لغزش نیز، مربوط به اقلیم نیمه‌مرطوب، در بخش‌های جنوب‌غربی حوضه می‌باشد که میزان آن در هر دو روش وزن‌دهی و تراکم‌سطح به ترتیب ۰/۱۰ و ۰/۱۱ می‌باشد و نشان می‌دهد که اقلیم نیمه مرطوب بیشترین حساسیت را به علت وجود رطوبت و تأثیر در سست نمودن رسوبات و حرکت آن‌ها به سمت پایین‌دست، فراهم می‌آورد.

خاکشناسی: در بررسی خاک محدوده نیز، بیشترین حساسیت به لغزش مربوط به خاک اینسپتی‌سول(خاکهای جوانی که زهکشی کافی ندارند و بیشتر در مناطق کوهستانی و در اراضی شیب‌دار متوسط تشکیل می‌گردند(سهرابی و همکاران، ۱۳۹۲)) با وزن‌دهی و تراکم سطح ۰/۴۱ و ۱/۴۹ و کمترین میزان حساسیت نیز مربوط به مناطق سنگی می‌باشد.

کاربری اراضی و پوشش گیاهی: کاربری زمین یکی از شاخص‌های اصلی در مطالعه پایداری دامنه‌ها و پهنه‌بندی خطر آنها در یک ناحیه می‌باشد. کاربری زمین ویژگی‌های سطحی زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب تغییر رفتار آن در مقابل فرایندهای زمین‌شناسی حاکم بر منطقه از جمله هوازدگی و فرسایش می‌شود(شادفر و یمانی، ۱۳۸۶). نتایج حاصل از انقطاع نقشه رستری کاربری اراضی با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های حوضه و بازدیدهای میدانی نشان داد که حدود ۴۵درصد مناطق تحت لغزش حوضه در باغات و اراضی آبی واقع شده است که ارزش آن در روش وزن‌دهی اطلاعاتی برابر با ۰/۰۰۲ و در روش تراکم سطح برابر با ۰/۰۱۳ می‌باشد. نقش این عامل را می‌توان اینگونه توجیه نمود که به دلیل تنگنای مورفولوژیکی حاکم بر حوضه و فقدان اراضی برای احداث باغات، غالب باغات که تامین کننده معیشت ساکنین است بر روی دامنه‌های شیبدار احداث شده‌اند که این امر سبب افزایش وزن دامنه و تخریب مکانیکی و هوازدگی شیمیایی مواد به‌سبب وجود اسید هومیک درختان شده و به ناپایداری دامنه‌ها کمک می‌کند؛ در صورتی که در سایر کاربری‌ها این روند به‌شدت کاهش می‌یابد(مقیمی و همکاران، ۱۳۸۷).

فرسایش خاک: بررسی عامل فرسایش خاک محدوده نشان داد که بیشترین میزان خطر در مناطق دارای فرسایش متوسط است که میزان آن در روش وزن‌دهی برابر ۱/۶۱ و در روش تراکم سطح برابر ۲/۶۹ می باشد.

فاصله از گسل: گسل‌ها به‌طور اساسی فاکتوری مهم در ناپایداری شیب‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش تلقی می‌گردند که با فاصله گرفتن از آنها رابطه معکوسی با میزان خطرپذیری زمین‌لغزش ایجاد می‌شود(مقیمی و همکاران، ۱۳۹۱). گسل‌های حوضه عموماً از نوع تراستی یا معکوس‌اند که می‌توان به گسل‌های راندگی عمارت، گسل راندگی میاب و گسل راندگی زوارم اشاره کرد. نقشه فاصله از گسل با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان نقشه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]

برداری کشور و اعمال توابع Distance و Reclassify در محیط ARC GIS تهیه و به ۵ رده تقسیم شد. در بررسی لایه فاصله از گسل، بیشترین میزان تأثیر در وقوع حرکات توده‌ای در روش وزن‌دهی اطلاعاتی و تراکم سطح، به ترتیب ۲/۸۵ و ۳/۹۳ می‌باشد که در فاصله ۳۰۰ متری از گسل قرار دارد و بیشترین خسارت را نیز ایجاد می‌کند.

فاصله از رودخانه: نقشه فاصله از رودخانه نیز هم‌مانند نقشه فاصله از گسل در محیط ARC GIS تهیه و به ۵ رده تقسیم شد. بررسی لایه فاصله از آبراهه در سطح حوضه نشان داد که اغلب حرکات لغزشی در نقاط نزدیک آبراهه‌ها و کانال‌های آبی به وقوع پیوسته است و بیشترین میزان حساسیت به لغزش در فاصله ۰ تا ۲۰۰ متری از رودخانه است که میزان ارزش آن در دو روش وزن‌دهی و تراکم سطح به‌ترتیب برابر ۰/۸۹ و ۱/۹۷ می‌باشد. این نتایج بیانگر تأثیر این عامل به‌صورت برداشت تکیه‌گاه جانبی دامنه بر اثر فرسایش و زیربری رودخانه است که نهایتاً سبب تغییر در هندسه شیب دامنه و در نتیجه نفوذ آب به لایه‌های حساس و نفوذناپذیر دامنه و سنگینی وزن آن می‌شود. به طور کلی با افزایش فاصله از آبراهه میزان پتانسیل زمین‌لغزش کاهش می‌یابد(شیرانی و سیف، ۱۳۹۱).

فاصله از جاده: نقشه فاصله از جاده نیز هم‌مانند نقشه‌های فاصله از گسل و آبراهه تهیه و به ۵ رده تقسیم شد. نتایج بررسی لایه فاصله از جاده و بازدیدهای میدانی نشان داد که بیشترین میزان حساسیت به لغزش در فاصله۱۰۰ تا ۵۰۰ متری از جاده است که میزان ارزش آن در روش وزن‌دهی برابر با ۰/۳۷ و در روش تراکم سطح برابر با ۱/۴۵ می‌باشد. به‌طورکلی جاده‌ها سبب تغییر در هندسه شیب دامنه، برهم خوردن تعادل نیروی مقاوم و افزایش تنش‌های انتقالی زمین بر اثر عبور وسایل نقلیه می‌شوند و با فاصله گرفتن از این عوارض، حساسیت به لغزش نیز کاهش می‌یابد(مقیمی و همکاران، ۱۳۸۷).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]

جدول۱: نتایج وزن دهی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش به روش وزن‌دهی اطلاعاتی

طبقه	لیتولوژی	شیب	اقلیم	فرسایش	ارتفاع	فاصله از جاده	فاصله از گسل	فاصله از رودخانه	جهت شیب	کاربری	خاک
۱	-۰/۵۵	-۰/۰۰۸	-۰/۰۱۰	-۰/۹۴	-۱/۰۸	۰/۲۹	-۰/۷۹	۰/۸۹	-۱/۰۸	-۰/۰۱	۰/۴۱
۲	-۰/۹۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	-۰/۶۸	-۰/۷۱	-۰/۴۲	۰/۲۵	-۰/۶۴	۰/۰۹	-۰/۰۱	-۱/۰۷
۳	-۰/۷۲	۰/۰۰۵	-۰/۰۰۲	-۰/۶۴	۲/۱۰	۰/۳۷	۰/۴۹	-۰/۹۴	-۰/۱۷	-۰/۰۱	-۰/۵۲
۴	۰/۶۲	۰/۰۱۱	۰/۱۰	۱/۶۱	۰/۰۲	-۰/۱۷	۱/۴۴	-۱/۰۷	۰/۲۹	-۰/۰۱	-۱/۰۷
۵	۰/۲۳	۰/۰۰۲			-۰/۰۹	-۱/۰۸	۲/۸۵	-۱/۰۷	-۰/۰۹	۰/۰۰۲	-۰/۴۶
۶	۱۵/۷۰								-۰/۴۱	-۰/۰۰۵	
۷	۰/۲۵								-۰/۳۸	-۰/۰۱	
۸	-۱/۰۸								۰/۷۰	-۰/۰۱	
۹	۰								۰/۱۶	-۰/۰۱	
۱۰	۰									-۰/۰۱	

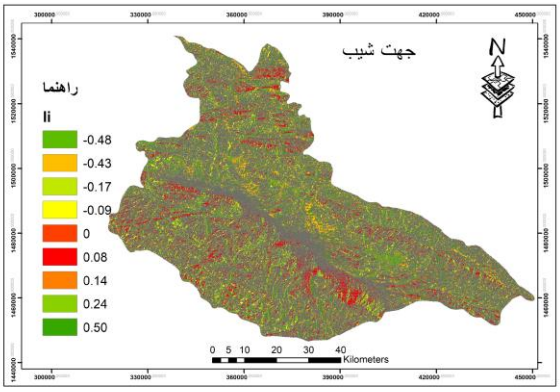
جدول۲: نتایج وزن دهی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش به روش تراکم سطح

طبقه	لیتولوژی	اقلیم	شیب	فرسایش	ارتفاع	فاصله از جاده	فاصله از گسل	فاصله از رودخانه	جهت شیب	کاربری	خاک
۱	۰/۵۲	۰	۰/۰۰۲	۰/۱۳	۰	۱/۳۷	۰/۲۸	۱/۹۷	۰	۰	۱/۴۹
۲	۰/۱۵	۰	۰/۰۱۴	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۶۵	۱/۳۳	۰/۴۳	۱/۱۷	۰	۰
۳	۰/۳۵	۰/۰۰۸	۰/۰۱۶	۰/۴۳	۳/۱۸	۱/۴۵	۱/۵۷	۰/۱۳	۰/۹۱	۰	۰/۵۵
۴	۱/۷۱	۰/۱۱	۰/۰۲۲	۲/۶۹	۱/۱۱	۰/۹۰	۲/۵۲	۰	۱/۳۸	۰	۰
۵	۱/۳۱		۰/۰۰۸		۰/۹۹	۰	۳/۹۳	۰	۰/۹۸	۰/۰۱۳	۰/۶۱
۶	۱۶/۷۸								۰/۶۶	۰/۰۰۵	
۷	۱/۳۴								۰/۷۰	۰	
۸	۰								۱/۷۸	۰	
۹	۰								۱/۲۴	۰	
۱۰	۰									۰	

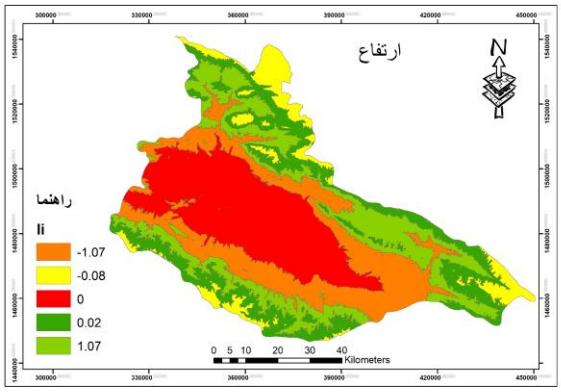
شکل(۴)، نقشه‌های حاصل از تلفیق عوامل مؤثر بر لغزش با نقشه پراکنش زمین‌لغزش در سطح حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد که بر طبق آن اعداد منفی مؤید پهنه‌هایی است که کمترین میزان حساسیت به زمین‌لغزش را دارند و اعداد مثبت نیز اختصاص به پهنه‌هایی از سطح زمین دارد که مستعد لغزش بوده و خطر زمین لغزش آن را تهدید می‌کند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

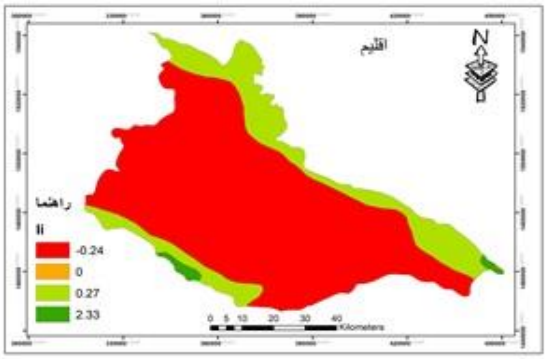
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]



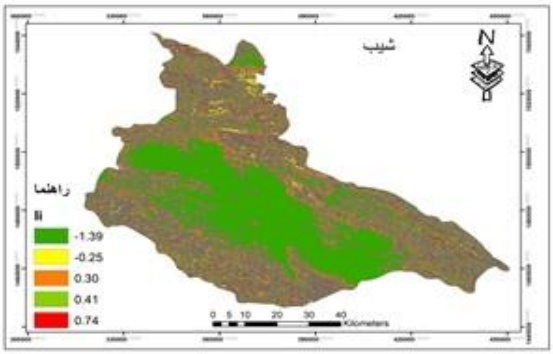
۱) پهنه‌بندی لغزش براساس عامل جهت شیب



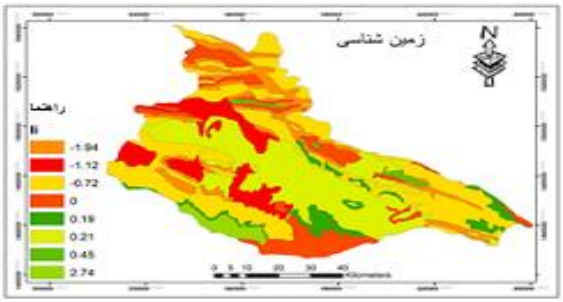
۲) پهنه‌بندی لغزش بر اساس عامل ارتفاع



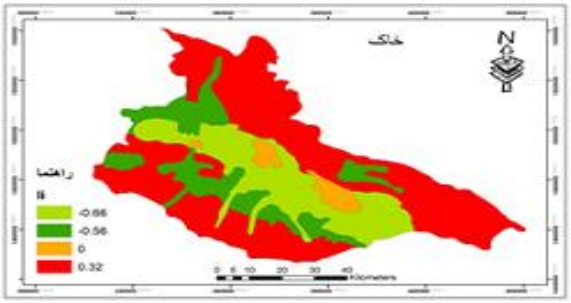
۳) پهنه‌بندی لغزش بر اساس عامل اقلیم



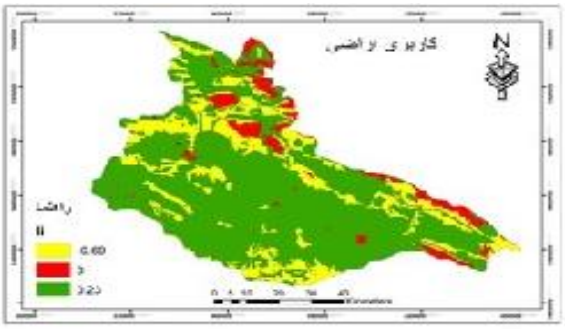
۴) پهنه‌بندی لغزش بر اساس عامل شیب



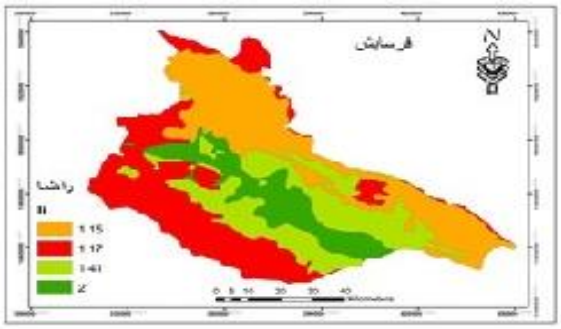
(۵) پهنه‌بندی لغزش بر اساس عامل لیتولوژی



۶) پهنه‌بندی لغزش بر اساس عامل خاکشناسی



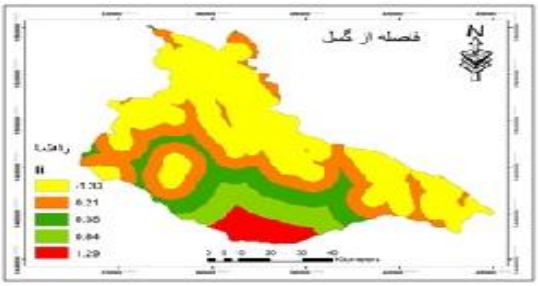
۷) پهنه‌بندی لغزش بر اساس عامل کاربری اراضی



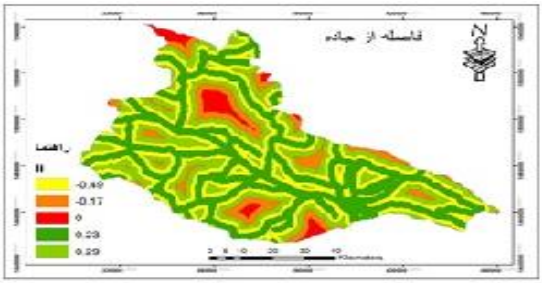
۸) پهنه‌بندی لغزش براساس عامل فرسایش

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

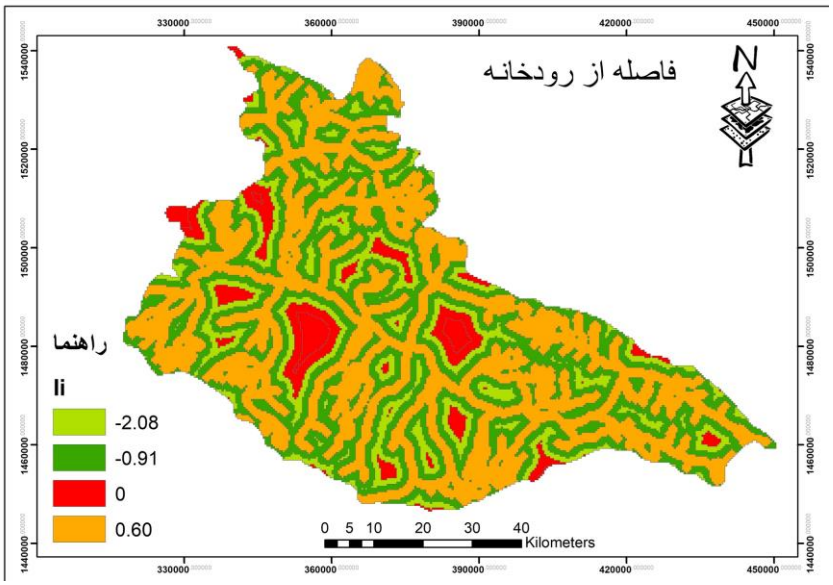
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]



۹) پهنه‌بندی لغزش براساس عامل فاصله از گسل



۱۰) پهنه‌بندی لغزش براساس عامل فاصله از جاده



۱۱) پهنه‌بندی لغزش براساس عامل فاصله از رودخانه

شکل ۴: نقشه عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش براساس مقادیر وزنی در سطح حوضه مورد مطالعه

- **زمین‌لغزش‌های مهم در حوضه مورد مطالعه و عوامل مؤثر در وقوع آن:**

زمین‌لغزش روستای شورک زیارت: این روستا در ۱۸ کیلومتری شمال غرب شهرستان شیروان در دامنه دره‌ای گسلی و بر روی سازند سنگانه شامل شیل، مارن و آهک مارنی همراه با رس و ژیپس قرار دارد(غفوری و همکاران، ۱۳۹۱). نخستین حرکات آن در سال ۱۳۴۹ رخ داد و لغزش اواخر فروردین ماه سال ۱۳۷۰ باعث تخریب روستا و آواره شدن ساکنین آن گردید. وسعت منطقه لغزیده بالغ بر ۱۰ کیلومتر مربع بوده و میزان جابه‌جایی حدود یک کیلومتر است. منازل مسکونی که بر روی پاشنه لغزش قرار داشتند به کلی ویران شده و در محل احداث روستای جدید نیز به علت عدم مطالعه ترکهایی به وجود آمده است که عامل اصلی رانش در این ناحیه را می‌توان نوع لیتولوژی همراه با بارندگی شدید فصلی نام برد (کریمی و همکاران، ۱۳۷۶).

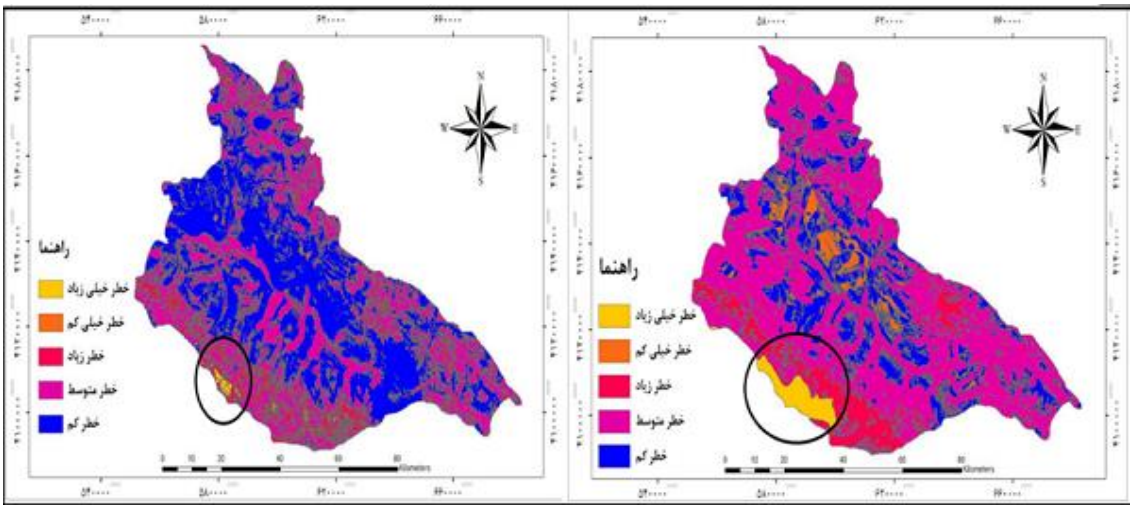
زمین‌لغزش روستای هشت مرخ: روستای هشت مرخ در ۴۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان قوچان در بهار سال ۱۳۶۷ محل زمین‌لغزش عظیمی بود که عوامل مؤثر در وقوع آن عبارتند از وجود لایه‌های آهکی، مارنی و رسی، بارندگی شدید، هم جهت بودن شیب دامنه با شیب لایه‌ها، دخالت انسان و نیز زلزله‌های متعددی که ظرف مدت کوتاهی قبل از این پدیده به وقوع پیوسته‌اند(کریمی و همکاران، ۱۳۷۶).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]

زمین‌لغزش روستای نامانلو: این زمین‌لغزش در شرق روستای نامانلو واقع در ۶۵ کیلومتری شمال شهرستان شیروان به وقوع پیوسته است. واحدهای سنگی منطقه سازندهای تیرگان و سرچشمه هستند که سازند سرچشمه نیز از مارن‌ها و شیل‌های دارای لایه‌های نازک آهکی تشکیل شده است که بخش مارنی این سازند یکی از عوامل مؤثر در بروز زمین‌لغزش در این منطقه بوده است(غفوری و همکاران، ۱۳۹۱).

زمین‌لغزش روستای اسطرخی: این زمین‌لغزش در دره اسطرخی و در حدود ۲۰۰ متری پایین‌دست روستا اتفاق افتاده است(کریمی و همکاران، ۱۳۷۶). این روستا در ۲۵ کیلومتری جنوب شهرستان شیروان و در یک دره گسلی نسبتاً عمیق V شکل و در مسیر جاده خاکی شیروان به اسفراین واقع شده است. نوع لیتولوژی، شیب تند دامنه، هم جهت بودن شیب لایه‌ها با شیب دامنه، وجود مواد واریزه‌ای حاصل از فرسایش، شستشوی پای دامنه توسط رودخانه و بارندگی‌های شدید از جمله عواملی هستند که سبب ایجاد لغزش در این منطقه شده است. همچنین تبدیل اراضی بایر به مزروعی و باغها و ایجاد کانال‌های آبیاری در دامنه‌های شیب‌دار و آبیاری بیش از حد باغها و زمین‌های زراعی سبب نفوذ آب به داخل توده‌های آواری و تجمع آن بر روی لایه نفوذناپذیر شده و لغزش را تسهیل کرده است(غفوری و همکاران، ۱۳۹۱).

نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش کاربرد فراوانی در امور زیربنایی، احداث و توسعه عملیات سازه‌ای، کشاورزی و منابع طبیعی دارد. شکل(۶) نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه قوچان- شیروان را براساس دو مدل وزن‌دهی اطلاعاتی و تراکم سطح نشان می دهد که در آن پهنه بسیار خطرناک از نظر احتمال وقوع لغزش در بخش جنوب‌غربی حوضه واقع شده است.



شکل۶: نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش حوضه قوچان-شیروان در دو مدل تراکم سطح(سمت راست) و وزن‌دهی اطلاعاتی(سمت چپ)

با توجه به جداول(۳و ۴)، نتایج نشان می‌دهد که جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در محدوده مورد مطالعه، مدل تراکم سطح به واقعیت نزدیکتر است؛ به‌طوری که میزان تأثیر پهنه با خطر بسیار زیاد در روش تراکم سطح برابر با ۱۹ و در روش وزن‌دهی اطلاعاتی برابر با ۵ می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از ارزیابی دو مدل نشان می دهد که مساحت پهنه دارای خطر زیاد و بسیار زیاد در روش تراکم سطح برابر با ۱۱٪ و در روش وزن‌دهی اطلاعاتی برابر با ۷/۶ ٪ از

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]

مساحت کل حوضه مورد مطالعه است. بنابراین روش تراکم سطح نسبت به روش ارزش اطلاعاتی در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در این محدوده، روش کارآمدتری به حساب می‌آید که از لحاظ شباهت با نتایج فاطمی‌عقدا و همکاران(۱۳۸۲)، محمدی و همکاران(۱۳۸۸) و قبادی و همکاران(۱۳۹۶) که روش تراکم سطح را جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش مناسب ارزیابی کردند(فاطمی‌عقدا و همکاران، ۱۳۸۲؛ محمدی و همکاران، ۱۳۸۸؛ قبادی و همکاران، ۱۳۹۶)، و از لحاظ تفاوت با نتایج گرایی و همکار(۱۳۸۹)، کریمی و همکاران(۱۳۹۰)، شیرانی و همکار(۱۳۹۱) و ایلانلو و همکاران(۱۳۹۵) که روش وزن‌دهی اطلاعاتی را به‌عنوان یک روش مناسب و کارآمد در بیشتر شرایط می‌دانند، همخوانی دارد(گرایی و کریمی، ۱۳۸۹؛ کریمی و همکاران، ۱۳۹۰؛ شیرانی و سیف، ۱۳۹۱؛ ایلانلو و همکاران، ۱۳۹۵).

جدول۳: پهنه خطر زمین‌لغزش در روش تراکم سطح

طبقه	پهنه خطر	مساحت	ارزش
طبقه ۱	خطر خیلی کم	٪۴	-۴
طبقه ۲	خطر کم	٪۲۴	-۳
طبقه ۳	خطر متوسط	٪۵۹	۰/۰۴۷
طبقه ۴	خطر زیاد	٪۹	۴
طبقه ۵	خطر بسیار زیاد	٪۲	۱۹

جدول۴: پهنه خطر زمین‌لغزش در روش وزن دهی اطلاعاتی

طبقه	پهنه خطر	مساحت	ارزش
طبقه ۱	خطر خیلی کم	٪۰/۵	-۵
طبقه ۲	خطر کم	٪۴۹	-۲
طبقه ۳	خطر متوسط	٪۴۱	۱
طبقه ۴	خطر زیاد	٪۷	۳
طبقه ۵	خطر بسیار زیاد	٪۰/۶	۵

نتیجه گیری

با مطالعه زمین‌لغزش‌های موجود در حوضه قوچان- شیروان چنین برمی‌آید که پتانسیل لغزش در این منطقه بالاست. براساس بررسی‌های به عمل آمده در سطح حوضه مورد مطالعه، واحد سنگ‌شناسی لار به دلیل تأثیر زیاد این سازند در نفوذ آب و سست نمودن لایه‌ها، طبقات ارتفاعی ۱۵۷۲ تا ۱۸۴۲ متر، کلاس شیب ۱۶ تا ۲۴ درجه و جهت شیب شمالی (N) به دلیل طول مدت کمتر تابش خورشیدی، اقلیم نیمه مرطوب به علت بارندگی و رطوبت زیاد، اراضی دارای خاک جوان از نوع اینسپتی‌سول و فرسایش خاک متوسط، باغات و اراضی آبی به علت وسعت زیاد و نوع آبیاری و نیز مناطقی که کمترین فاصله را با خطوط گسل‌های اصلی، جاده‌ها و آبراهه‌ها داشتند به دلیل تغییر در هندسه شیب دامنه و برهم خوردن تعادل و افزایش تنش، بیشترین میزان حساسیت به لغزش را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین عواملی از قبیل ایجاد باغ آبی به شیوه سنتی در دامنه‌های اراضی شیب‌دار و انتقال آب از پایین دست به دامنه کوه از طریق کارگذاشتن پمپ آب، ساخت خانه و حفر چاه فاضلاب بر روی دامنه‌ها و بهره‌برداری نامناسب به دلیل آشنا نبودن روستائیان با نوع خاک منطقه نیز تأثیر به‌سزایی بر ناپایداری دامنه‌ها در محدوده مورد مطالعه دارد. نقشه نهایی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]

پهنه‌بندی به‌دست آمده از دو مدل وزن‌دهی اطلاعاتی و تراکم‌سطح براساس۱۱ عامل مؤثر بر وقوع لغزش در منطقه نشان داد که بیشترین میزان خطر زمین‌لغزش مربوط به بخش‌های جنوب‌غربی حوضه است و مهمترین عامل مؤثر در آن، وجود سازندهای مستعد لغزش و نوع کاربری است که بیشترین خطر را در منطقه موجب شده‌اند. ایجاد سیستم‌های زهکشی سطحی و عمیق و احداث دیواره‌های مصنوعی در دو طرف رودخانه و همچنین آموزش روستائیان در مورد نوع استفاده از خاک، نوع کشت و آبیاری از جمله عواملی هستند که می‌تواند به پایداری دامنه‌هایی که دارای پتانسیل لغزش هستند، کمک کند.

منابع

ایزدی،زهرا و مژگان انتظاری. ۱۳۹۲. معرفی عوامل ومدیریت زمین لغزش های ایران. *مجله آموزش جغرافیا*، **۴**: ۳۲-۳۷.

ایلانلو،مریم و لیلا ابراهیمی. ۱۳۹۵. پهنه بندی خطر وقوع حرکات توده ای با استفاده از مدل های ارزش اطلاعاتی،تراکم سطح و LNRF در حوضه آبخیز زهره. *مجله دانش مخاطرات*، دوره سوم، **۲**: ۱۵۳-۱۴۱.

رحیم‌زاده، زهرا و محمود علائی طالقانی. ۱۳۹۴. ارزیابی پتانسیل ناپایداری دامنه ای به کمک مدل منطقه ای در بخش شمال غرب زاگرس با توجه به زمین‌لغزش‌های حوضهٔ لیله. *مجله جغرافیا و توسعه*، **۳۹**: ۱۹۴-۱۸۱.

سهرابی، اکبر؛ محمودرضا سعدی خانی و فاطمه قدوسی فرد. ۱۳۹۲. معرفی اینسپتی‌سول‌ها و ارتباط آن با تشکیل کلسیک در خاک. اولین همایش ملی مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار.

شعبانی، عباد؛ محمدرضا جوادی و مریم زارع خوش اقبال.۱۳۹۳. پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش‌های ارزش اطلاعاتی و تحلیل سلسله مراتبی مطالعهٔ موردی (حوزهٔ آبخیز شلمانرود). *پژوهشنامهٔ مدیریت حوزهٔ آبخیز*. دوره پنجم، **۱۰**: ۱۶۹-۱۵۷.

شیرانی، کورش و عبدالله سیف. ۱۳۹۰. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش‌های آماری(منطقه پیشکوه، شهرستان فریدون شهر)، *مجله علوم زمین*، سال بیست و دوم، **۸۵**: ۱۵۸-۱۴۹.

شریعت جعفری، محمد. ۱۳۷۵. *مبانی و اصول پایداری شیب‌های طبیعی*، انتشارات سازه.

شادفر، صمد و مجتبی یمانی. ۱۳۸۶. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز جلیسان با استفاده از مدل LNRF، *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*، **۶۲**: ۲۳-۱۱.

صابرچناری،کاظم؛ حسین سلمانی و مجتبی محمدی.۱۳۹۴. ارزیابی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعات و LNRF . *اکوهیدرولوژی*، دوره دوم، **۱**: ۱۱۶- ۱۰۵.

غفوری، محمد و علیرضا عاشوری. ۱۳۷۶. زمین‌لغزش به عنوان یکی از بلایای طبیعی در شمال خراسان، فصلنامه *تحقیقات جغرافیایی*، **۴۴۵**: ۱۰۱-۹۰.

فاطمی عقدا، محمود؛ جعفر غیومیان و عقیل اشقلی فراهانی. ۱۳۸۲. ارزیابی کارایی روش های آماری در تعیین پتانسیل خطر زمین لغزش. *فصلنامهٔ علمی-پژوهشی علوم زمین*. سال یازدهم، **۴۷**: ۴۸- ۲۸.

قبادی، محمدحسین؛ سید حسین جلالی و بهمن ساعدی. ۱۳۹۶. ارزیابی کارایی روش‌های ارزش اطلاعات، تراکم سطح، LNRF و نسبت فراوانی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه پشت دربند، کرمانشاه. *نشریه زمین شناسی مهندسی*، جلد یازدهم، **۱**: ۱۱۴-۹۱.

کریمی، حاجی؛ فتح الله نادری، ابراهیم مرشدی و مهدی نیک سرشت. ۱۳۹۰. پهنه بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز چرداول ایلام با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). *فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی*، دوره هفتم، **۴**: ۳۳۲-۳۱۹.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]

کریمی مقدم، ابولفضل؛ صدرالدین امینی، سید محمود فاطمی عقدا و مجید مختاری. ۱۳۷۶. بررسی علل زمین‌لغزش روستای هشت مرخ شهرستان قوچان، دومین سمینار زمین‌لغزه و کاهش خسارتهای آن، تهران، پژوهشگاه بین المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

گرایی، پرویز و حاجی کریمی. ۱۳۸۹. تعیین مناسب ترین روش پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضهٔ آبخیز سد ایلام، *مجله تحقیقات جغرافیایی*، دوره ۲۵، **۹۶**: ۱۲۷- ۱۰۱.

مقیمی، ابراهیم؛ سید کاظم علوی پناه و تیمور جعفری. ۱۳۸۷. ارزیابی پهنه بندی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش دامنه‌های شمالی آلاداغ مطالعهٔ موردی: حوضهٔ زهکشی چناران در استان خراسان شمالی. *پژوهشهای جغرافیایی*، ***۶۴***: *۵۳-۷۵*.

محمدی، مجید؛ حمیدرضا مرادی، سادات فیض نیا و حمیدرضا پورقاسمی. ۱۳۸۸. تهیه نقشه خطر زمین لغزش با استفاده از مدل تراکم سطح و فرایند تحلیل سلسله مراتبی سامانه ها. مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، **۴**: ۲۵۸-۲۴۹.

ملکی، امجد و علی قربان پور. ۱۳۸۷. پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه چرمله شهرستان سنقر استان کرمانشاه. *نشریه جغرافیا و توسعه*. **۱۲**: ۱۹۸- ۱۸۱.

نیک اندیش، نسرین. ۱۳۷۸. *بررسی نقش عوامل هیدرو اقلیم در وقوع حرکات توده ای در حوزه کارون میانی با توجه به نقش رسوب زایی آن ها*. پایان نامه دکتری. دانشگاه اصفهان. استاد راهنما دکترحسنعلی غیور و محمدحسین رامشت.

Ayenew, T and G. Barbieri. ۲۰۰۵. Inventory of landslide and susceptibility mapping in the Dessie area, Northern Ethiopia. Engineering Geology, ۷۷:۱-۱۵. ۲۱.

Borabb, E. The World landslide Problem: Episodes, V.۱٤. No.۱. ۱۹۹۱, p. ٥۲-٦۱.

Campus, F and C. Scavia. ۲۰۰۰. preliminary study for landslide hazard assessment: GIS techniques and a Muitivariate statistical approach landslides. Proceedings of the ۸th International Symposium on Landslides, ۱:۲۱٥_۲۲۰.

Halcrow, W and A. partner. ۱۹۸٦. Assessment of landslip potention. South wales, Report to Department of environment.

Ilwis applications ,G. ۱۹۹۷. International Institute for Aerospace Survey and Earth science (ITC). Ensched. Netherlands.

Jade, S and S. Sarkar. ۱۹۹۳. Statistical models for Slope Instability classifications Engineering Geology, ۳٦, ۹۱-۹۸. Lee, S. & kyungduck, M., ۲۰۰۱- Statistical analysis of landslide susceptibility at Yonging, Korea. Enviromented geology. ٤۰:۱۰۹٥_۱۱۱۳.

Nagarajan, R.A.; R. Roy.; A. Vinodkumar.; A. Mukherjee and M.V. Khire. ۲۰۰۰. Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climatic factors for tropical monsoon regions. Bull Eng Geol Env , **٥۸**:۲۰-۳٥.

Romondo,j.; j. Bonachea and A. cendrere. ۲۰۰۷. Quantitatitre Landslide risk assessment and mapping on the basis of resent occurrences Geomorphology.

Sakar,S., D.P. Kanungo and G.S. Mehrotar. ۱۹۹٥. Landslide zonation: A case study in garhwal Himalaya, India, Mountain Research and Development,Vol۱٥, ٤: ۳۰۱-۳۰.

Selby, M. J. ۱۹۷۰. Slope and Slope Processes: Publication No.۱ of The wiakato Branch of the New Zealand Geographical Society, p.٥۷.

Thurston, N and M. Degg. ۲۰۰۰. transfilibility and terrain recinstraction whitin and GIS landslid hazard mapping ۱۳۹ hem.۱۳۹ Derby District ۱۳۹hem.۱۳۹ides: proceeding of the ۸ th international symposium and landslide hazards.

Van Westen, C. J.; I. Duren, H. Kruse and M. T. Tercien. ۱۹۹۳. GISSIZ, ITC Pub. ۱: ۱٥- ۲٤٥.

Van Westen, C.J and M.T.J. Terlien. ۱۹۹٦. An approach towards deterministic landslide hazard analysis in GIS: A case study from Manizales (Colombia). Earth surface processes and landforms, ۲۱: ۸٥۳-۸٦۸.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]

Van Westen, C. J.; N. Rengers, M. T.j. Terline and R. Soeters. ۱۹۹۷a. Predication of the occurrence of slope nstability phenomena through GIS – based hazard zonation. Geologisches Rundschav. ۸٦: ٤۰٤–٤۱٤.

Van Westen, C. J.; N. Rengers, M. T. J. Terline and R. Soeters. ۱۹۹۷b. Predication of the Occurrence of slope Instability Phenomena through GIS-Based Hazard Zonation.Geologisches Rundschau .۱۹۹۷,۸٦:.٤۰٤-٤۱٤.

Yalcin, A. ۲۰۰۸. GIS- based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations, Catena, ۷۲ :۱-۱۲.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.147]