



پهنه‌بندی پتانسیل خطر زمین لغزش در حوضه قره‌چای با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط (GIS)

دکتر محمدحسن صدوق

دانشیار دانشگاه شهیدبهشتی،

دانشکده علوم زمین

دکتر تیمور جعفری

استادیار دانشگاه بجنورد،

دانشکده علوم انسانی

حجت‌اله اسکندری

کارشناس ارشد دانشگاه شهیدبهشتی

چکیده

بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های یک منطقه و پهنه‌بندی خطرهای حاصل از آن می‌تواند کمک مؤثری در کاهش خسارت‌های حاصل از این پدیده بنماید. تحقیق حاضر تلاشی در این زمینه بوده و با بررسی عوامل مؤثر ایجاد زمین لغزش‌ها اقدام به پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای حوزه آبخیز قره‌چای به روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نمود. حوضه قره‌چای یکی از زیر حوضه‌های رودخانه اترک می‌باشد. روش کار به این صورت انجام گرفت که ابتدا عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های منطقه بررسی شده و مهم‌ترین عوامل مؤثر به ترتیب شامل سنگ‌شناسی، همسویی شیب (ساختمانی)، توپوگرافی، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، فاصله از روستا، تراکم شبکه زهکشی، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، طبقات ارتفاعی شناسایی شدند و سپس نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها تهیه شد. در روش تحلیل سلسله‌مراتبی از ده عامل یاد شده استفاده شد که در این روش عوامل در نظر گرفته شده به صورت زوجی مقایسه شده و وزن عوامل محاسبه می‌شود. برای کلاس‌بندی عوامل نیز با در نظر گرفتن درصد سطح لغزش یافته امتیازدهی آنها انجام پذیرفت. در پایان با در نظر گرفتن وزن‌های بدست آمده برای هر عامل و امتیازهایی که به خود اختصاص دادند مدل پهنه‌بندی بدست آمد. بر این اساس محدوده به پنج ریسک تقسیم گردید. نقشه بدست آمده به پنج طبقه با ریسک خیلی زیاد با ۶/۲ کیلومتر مربع، زیاد با ۴/۱ کیلومتر مربع، متوسط با ۵/۴ کیلومتر مربع، پهنه کم با ۶/۴ کیلومتر مربع و پهنه خیلی کم با ۱/۲ کیلومتر مربع تقسیم‌بندی گردید. واژه‌های کلیدی: حرکات توده‌ای، حوضه قره‌چای، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP، GIS).

مقدمه

حرکات توده‌ای^(۱) شکلی از فرایندهای دامنه‌ای و نوعی از بلایا^(۲) و مخاطرات^(۳) طبیعی اند که هر ساله در نقاط مختلف جهان رخ داده و خسارات جانی، مالی و زیست محیطی قابل توجهی به بار می‌آورند. در سطح جهانی خصوصاً با افزایش جمعیت و اسکان در مناطقی با شیب زیاد که مستعد رویداد زمین لغزش هستند، تلفات و خسارات مالی در حال افزایش است. کشور ایران با توپوگرافی عمده کوهستانی، لرزه‌خیزی زیاد و شرایط متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی، طیف وسیعی از حرکات توده‌ای را داراست و سالانه متحمل خسارات جانی، مالی و زیست محیطی فراوان می‌شود. در وقوع حرکات توده‌ای عوامل متعددی دخیل هستند از جمله شرایط توپوگرافی، زمین‌شناسی و زمین‌ساخت، عوامل اقلیمی همانند بارش و درجه حرارت، نوع پوشش زمین و کاربری اراضی و همچنین عوامل انسانی. حوضه رودخانه قره‌چای از زیر حوضه‌های رودخانه اترک می‌باشد که در سالهای اخیر مناطق مسکونی این منطقه به همراه اراضی زراعی و مرتعی با رخدادهای متوالی زمین لغزش مواجه شده‌اند لذا مطالعه روی حرکات دامنه‌ای در این منطقه ضروری بوده و بررسی شرایط حاکم بر آن جهت مدیریت ریسک اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. برای تحلیل و ارزیابی چند معیاری پتانسیل زمین نسبت به یک رویداد خاص مثل حرکات توده‌ای روش‌های متعددی وجود دارد. روش فرآیند سلسله‌مراتبی روشی جهت تعیین اهمیت و تقدم معیارها در فرآیند تحلیل و ارزیابی است. در حالی که معیارهای چند گانه اعم از (کمی و کیفی) مطرح می‌باشند، تصمیم‌گیری چند معیاره با دو مشکل اصلی روبروست (قدسی‌پور، ۱۳۸۵، ص ۵) ۱) فقدان استاندارد برای معیارهای کیفی، ۲) فقدان واحد برای تبدیل معیارها (اعم از کمی و کیفی) به یکدیگر، که در این میان روش تحلیل سلسله‌مراتبی به عنوان روشی که بتواند با مقایسه دو به دویی این معیارها وزن مناسب را برای معیار بسته به مقدار نقش آن معیار، در ایجاد یک پدیده داشته باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این وزن‌ها در واقع اهمیت نسبی هر معیار یا خصیصه را نشان می‌دهند. هدف از انجام این تحقیق شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد حرکات توده‌ای زیر حوضه قره‌چای بوده و همچنین تعیین نقاط حساس به فرآیند حرکات توده‌ای جهت مکان‌گزینی بهینه نقاط روستایی و دیگر کاربریها می‌باشد.

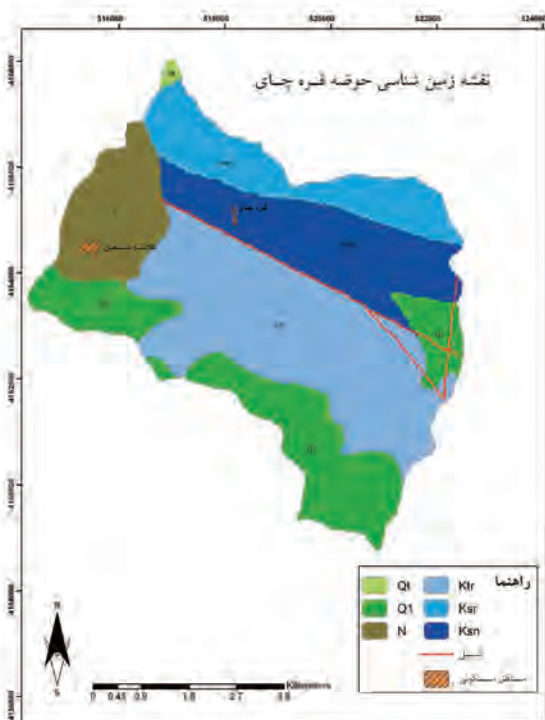
موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

حوضه قره‌چای از زیر حوضه‌های رود اترک، واقع در دامنه شمالی کوه آخور داق به مختصات جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی، در استان خراسان شمالی و در ۲۰ کیلومتری شمال غرب شهر بجنورد، مرکز استان قرار دارد. این حوضه با حداکثر ارتفاع ۱۸۱۰ متر و حداقل ارتفاع ۷۱۰ متر با مساحت تقریبی ۳۸/۵ کیلومتر مربع در واحد جنوبی زون کپه داغ قرار دارد. دو روستای قره‌چای و کلاته شعبان از نقاط جمعیتی منطقه می‌باشند. ساختار اقتصادی - اجتماعی حوضه روستایی است و مراتع و منابع

۲- آمار هواشناسی: برای انجام مطالعات هواشناسی و تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به دما و بارش منطقه مورد مطالعه از آمار ماهانه و سالانه ایستگاههای سینوپتیک بجنورد، و ایستگاههای باران سنجی آغمزار، قزلقان و شیرآباد استفاده گردید.

۳- روش کتابخانه‌ای به منظور استفاده از منابع موجود جهت انجام مطالعات نظری حرکات توده‌ای در منطقه مورد مطالعه.

۴- آمار حرکات توده‌ای: برای تهیه آمار حرکات توده‌ای از اطلاعات و آمار موجود در بانک اطلاعات سازمان جنگلها و مراتع کشور استفاده گردید.



نقشه ۲: زمین‌شناسی حوضه قره‌چای

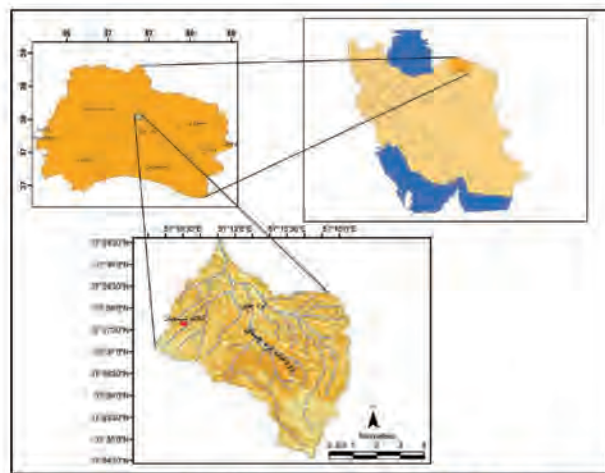
تحلیل عوامل مؤثر بر وقوع حرکات توده‌ای در منطقه:

۱- زمین‌شناسی: با توجه به تقسیم‌بندی وارنر (۱۹۸۷) حرکات توده‌ای حوضه قره‌چای عمدتاً شامل لغزش‌ها و جریان‌ها می‌باشد که در رسوبات ریزدانه لس و مارن بیشتر حرکات جریانی مشاهده می‌شود و در رسوبات نسبتاً سخت‌تر لغزش‌ها غالب هستند و البته در قسمت‌های جنوبی حوضه که شامل آهک می‌باشد ریزش‌ها قابل مشاهده می‌باشند. (نقشه شماره ۲)

۲- گسل‌ها و خطوطاره‌ها: وجود گسل‌ها و خطوطاره‌ها به عنوان عامل ثانویه در ایجاد حرکات توده‌ای بسیار قابل مشاهده است، در حوضه قره‌چای یک گسل اصلی با روند شمال غربی - جنوب شرقی و گسل‌های فرعی دیگر وجود دارند.

۳- شیب: از عوامل بسیار مهم در وقوع زمین لغزش‌ها بوده است، که در صورت فراهم بودن سایر شرایط، توده لغزشی در اثر نیروی ثقل به طرف پایین دامنه حرکت خواهد کرد (جوکار سرهنگی، ۱۳۸۶). در منطقه مورد

طبیعی آن در طول سال مورد استفاده روستاییان منطقه قرار می‌گیرد (نقشه شماره ۱).



نقشه ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان و کشور

مواد و روش‌ها

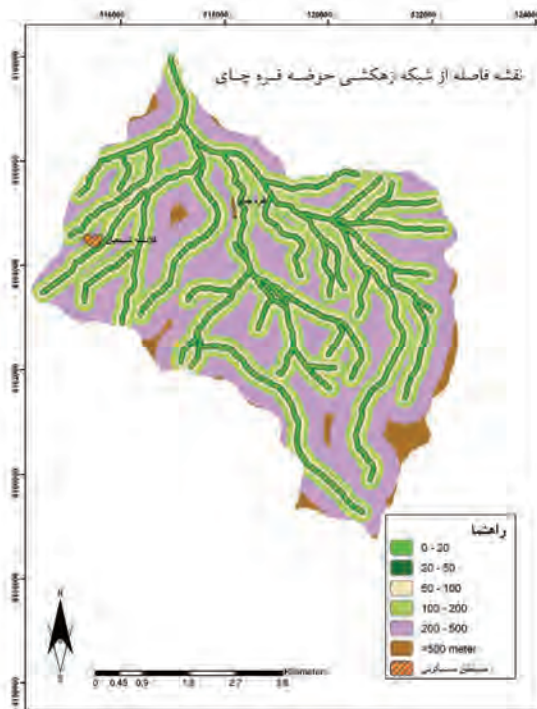
برای پهنه‌بندی ریسک حرکات توده‌ای در منطقه مورد مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. روش تحلیل سلسله مراتبی توسط پروفیسور ساعتی ارائه شده است، این روش براساس تجزیه مسائل پیچیده به سلسله مراتب می‌باشد که در رأس آن هدف کلی قرار دارد (فرجی سبکیار، ۱۳۸۴). روش تحلیل سلسله مراتبی بر پایه مقایسه زوجی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌ها استوار بوده و ابتدا با وزن دهی به تک تک عوامل مؤثر در نظر گرفته شده برای پهنه‌بندی و سپس امتیاز دهی به هر کدام از کلاس‌های مربوط به هر یک از عوامل ضرابی به دست می‌آورد که براساس آنها مدل نهایی را ارائه می‌نماید.

منابع مؤثر در مطالعه

- ۱- اطلاعات زمینی (زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی، خاک و...):
- نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه (شیت‌های بدرانلو و قانلو) مربوط به سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ (سازمان زمین‌شناسی کشور).
- نقشه قابلیت اراضی ۱:۲۵۰۰۰۰ استان خراسان (مؤسسه خاکشناسی استان تهران).
- لایه رقمی ۱:۲۵۰۰۰۰ پوشش گیاهی استان خراسان (سازمان جنگلها و مراتع کشور).
- نرم‌افزار Gis جهت هم مقیاس سازی نقشه‌ها و Overlap کردن آنها به منظور تهیه نقشه ریسک منطقه.
- بازدیدهای میدانی از محدوده مورد مطالعه جهت انطباق نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی با واقعیت موجود در منطقه مورد مطالعه.

آبراهه‌ها بالا رفته که این نقش مهمی در ایجاد لغزش داشته است. اما در جایی که شیب در دامنه‌ها افزایش داشته است و جنس سازندها سخت تر و رسوبات ریزکاهش یافته تراکم پایین آمده و نقش آن در ایجاد زیرشویی‌ها و ایجاد بهمن واریزه‌ای و ریزش‌ها مؤثر بوده است.

۸- فاصله از آبراهه‌ها: به دلیل عمل زیربری دامنه‌ها که به طور طبیعی توسط آبراهه‌ها و یا به طور مصنوعی توسط انسان هنگام احداث جوی‌ها و کانال‌های آب صورت می‌گیرد، وقوع حرکت‌های لغزشی در زیرحوضه رابطه معکوسی را با فاصله گرفتن از آنها نشان می‌دهد (نقشه شماره ۴)



نقشه ۴: فاصله از آبراهه‌ها

۹- نزدیکی به روستا: این عامل نسبت به عوامل دیگر سهم بسیار کمتری در حرکات توده‌ای داشته است. البته نباید نقش عوامل آنتروپوژنیک و فعالیت‌های اقتصادی از قبیل بهره‌برداری کشاورزی و برهم زدن تعادل دامنه در اثر ایجاد راههای ارتباطی فرعی و چرای رویه دامداران این نقاط مسکونی و از بین بردن پوشش گیاهی در مراتع اطراف جاده و از بین بردن حفاظ آن را نادیده گرفت.

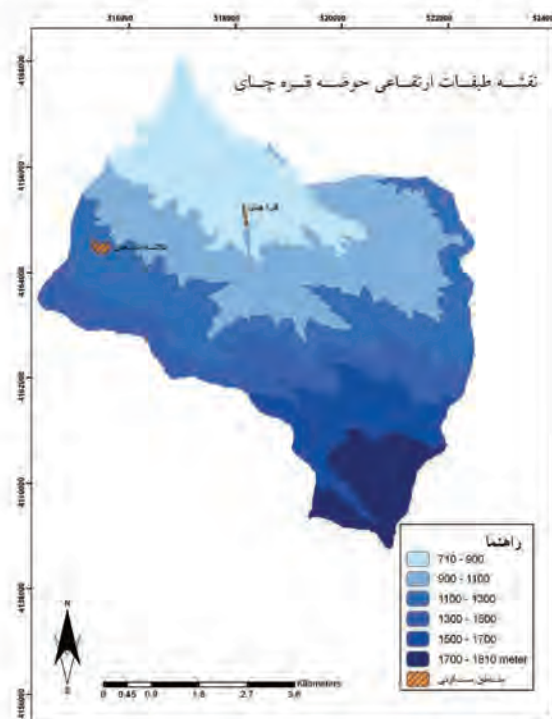
۱۰- کاربری - پوشش: هنگامی که صحبت از کاربری زمین به میان می‌آید، منظور نوع کاربرد زمین با توجه به نقش انسان است. ولی زمانی که از پوشش زمین صحبت می‌کنیم، منظور نوع پوشش اراضی بدون توجه به دخالت انسان می‌باشد. از آنجا که واحدهای دارای حرکت لغزشی در مناطق به دور از فعالیت‌های انسان و مناطق متأثر از فعالیت‌های او رخ داده‌اند، بنابراین، این مناطق با هم ادغام و با استفاده از نقشه کاربری اراضی محدودده، به صورت یک نقشه کاربری- پوشش زمین تهیه شدند.

مطالعه بیشترین شیب، شیب ۲۰ تا ۴۰ درجه می‌باشد که حرکات لغزشی و جریانی را شامل می‌شود و حرکات ریزشی بیشتر در شیب‌های بالاتر رخ می‌دهد.

۴- جهت شیب: در حوضه قره چای بیشتر لغزش‌ها و ریزش‌ها در دامنه‌های شمالی و مخصوصاً در دامنه‌های شمال شرقی رخ داده است که به دلیل در سایه بودن این دامنه‌ها در اغلب اوقات سال می‌باشد.

۵- ارتفاع: به طور کلی با افزایش ارتفاع به دلیل تغییرات پارامترهای اقلیمی افزایش فرایندهای دامنه‌ای را شاهد هستیم در منطقه مورد مطالعه نیز بیشتر حرکات ریزشی در ارتفاعات جنوبی وجود دارد که این به دلیل تخریب سنگ‌ها در اثر هوازدگی فیزیکی و عمل کریوکلاستی و فراهم شدن قطعات درشت دانه و ریز جهت انجام عمل ریزش دامنه‌ای می‌باشد. نقشه شماره (۳)

۶- همسویی شیب ساختمانی با شیب توپوگرافی: حوضه قره چای به دلیل قرارگیری در زون ساختمانی کپه داغ از ویژگیهای این منطقه پیروی می‌کند. روند توپوگرافی بصورت طاق‌دیس‌ها و ناودیس‌های متوالی شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد و جهت لایه‌ها شمال شرقی - جنوب غربی می‌باشد. در حوضه قره چای به تبعیت از این منطقه بیشتر جهت لایه‌ها رو به شمال شرق می‌باشد و با جهت توپوگرافی شمال شرقی منطبق است و فراوانی لغزش‌های این جهت قابل توجیه است.



نقشه ۳: طبقات ارتفاعی حوضه قره چای

۷- تراکم آبراهه‌ها: تراکم شبکه زهکشی یکی از عواملی است که می‌تواند نقش مؤثری در این حرکات داشته باشد. تراکم شبکه زهکشی نشان دهنده مقدار آبراهه‌ها به سطح می‌باشد که در سطوح نفوذپذیر تراکم بیشتر می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه جایی که شیب در دامنه‌ها کاهش یافته تراکم



جدول (۱): ماتریس ۲

هیپسومتری	فاصله از گسل	فاصله از رودخانه	تراکم شبکه زهکشی	فاصله از روستا	جهت شیب	کاربری اراضی	شیب	همسوئی شیب	لیتولوژی
۹	۸	۷	۶	۵	۳	۳	۳	۲	۱
۸	۷	۶	۵	۵	۳	۴	۲	۱	همسوئی شیب
۸	۸	۷	۶	۵	۴	۲	۱	$\frac{1}{3}$	شیب
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	کاربری اراضی
۶	۵	۴	۳	۲	۱	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	جهت شیب
۵	۴	۳	۲	۱	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	فاصله از روستا
۴	۳	۲	۱	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	تراکم شبکه زهکشی
۳	۲	۱	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	فاصله از رودخانه
۲	۱	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	فاصله از گسل
۱	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	هیپسومتری
۵۳	۴۴/۵	۳۵/۸	۲۲	۲۲/۲	۱۱/۴	۱۱/۶	۶/۳۷	۴/۹	۳/۰۵

جدول (۲): محاسبه وزن نسبی عوامل سطح ۲

وزن نسبی	هیپسومتری	فاصله از گسل	فاصله از رودخانه	تراکم شبکه زهکشی	فاصله از روستا	جهت شیب	کاربری اراضی	شیب	همسوئی شیب	لیتولوژی
۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۴۷	۰/۴	۰/۳۲
۰/۲	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۱۶
۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۳	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱	۰/۱
۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱۳	۰/۱	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۱
۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۱
۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۶
۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۵
۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴
۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳
۰/۰۱۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳

روش پردازش

۱- پهنه‌بندی حرکات توده‌ای

در این قسمت مدل مفهومی برای تصمیم‌گیری در زمینه پهنه‌بندی زمین لغزش با استفاده از Ahp در محیط نرم‌افزار GIS ارائه می‌شود. فرایند تصمیم‌گیری در چهار سطح به شرح زیر انجام پذیرفت. سطح ۱: هدف کلی سلسله مراتب در بالاترین سطح قرار دارد. در اینجا هدف اصلی تهیه نقشه پهنه‌بندی حرکات توده‌ای است. سطح ۲: در این سطح عواملی که برای پهنه‌بندی زمین لغزش مورد نظر هستند، تعیین می‌شوند.

سطح ۳: در این سطح عوامل سطح ۲ به عناصر جزئی‌تری تقسیم می‌شوند تا امکان مدل‌سازی و تهیه نقشه پهنه‌بندی را فراهم کنند. سطح ۴: در این سطح از مقیاس بندی چهار طبقه‌ای (خطر کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد) استفاده شده است.

برای پهنه‌بندی زمین لغزش در محدوده مورد مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی (Ahp) استفاده شده است. این روش براساس تجزیه مسائل پیچیده به سلسله مراتب است، که در رأس آنها هدف کلی قرار دارد. در این تحقیق هدف تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر و وقوع زمین لغزش است. در مرحله بعدی معیارها و زیر معیارها قرار می‌گیرند. عناصر سطوح مختلف به صورت دو تایی با هم مقایسه می‌شوند و سپس براساس دو معیار، ارزش‌گذاری صورت می‌گیرد (A.Esma'eili & H.Ahmadi).

مزیت اصلی Ahp آن است که به تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا یک مسئله پیچیده را بصورت ساختار سلسله مراتبی بشکافند و سپس به حل آن بپردازند. برای بیان میزان ارجحیت یک عنصر بر عنصر دیگر از عبارات غربالی، مقیاس عددی، یا نمودارهای ستونی استفاده می‌گردد.

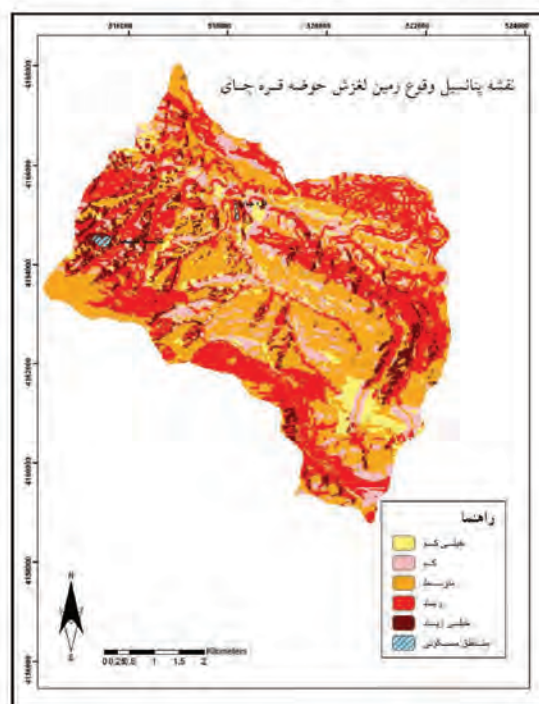
۲- محاسبه ماتریس وزنی

برای انجام مقایسه، ماتریسی به ابعاد 10×10 ایجاد می‌شود. سپس عوامل مختلف دو به دو با هم مقایسه می‌شوند و مقادیر مربوط به آنها اختصاص می‌یابد.

برای محاسبه مقادیر و بردار، ستون‌ها با هم جمع شده، هر سلول ماتریس بر جمع ستون مربوط تقسیم می‌شود، که این عمل برای نرمال کردن ماتریس انجام می‌پذیرد. مرحله بعدی محاسبه میانگین سطرهای ماتریس است که از آن با عنوان وزن نسبی در این سطح استفاده می‌شود. جهت به دست آوردن وزن نسبی هر لایه مجموع هر سطر به دست آمده و بر تعداد مجموع لایه‌ها تقسیم شده و وزن نسبی به دست می‌آید.

محاسبه وزن عمومی

در این مرحله که آخرین مرحله وزنی است اوزان هر لایه در سطح مقایسه گردیده است، از آنجا که عوامل معیار تفکیکی از عوامل زیر معیار است بنابراین تأثیر عوامل زیر معیار در پهنه‌بندی ارجحیت یافته است. در میان عوامل زیر معیار تأثیرگذار در ایجاد حرکات توده‌ای بیشترین تأثیر را به ترتیب، لیتولوژی و همسوئی شیب (ساختمانی با شیب توپوگرافی) به ترتیب با $0/27$ و $0/2$ داشته است. بقیه عوامل تقریباً با تأثیر مشابه در ایجاد حرکات توده‌ای ایفای نقش نموده‌اند که از آن میان عامل همپسومتری (طبقات ارتفاعی) با $0/12$ کمترین تأثیر را در ایجاد ریسک داشته است. براساس وزن‌های بدست آمده نقشه پهنه‌بندی خطر در محیط GIS بدست آمد، نقشه شماره (۵).



نقشه (۵): پهنه‌بندی پتانسیل خطر زمین لغزش در حوضه قره جای

نتیجه گیری

با توجه به نقشه پهنه‌بندی بدست آمده، براساس 10 عامل مؤثر بر زمین لغزش در قالب لایه‌های مختلف اطلاعاتی سطوح با ریسک خیلی زیاد تا خیلی کم شناسایی شدند. مناطق با خطر بسیار زیاد با تراکم $6/8$ درصد مساحت نسبت به کل مساحت محدوده همچنین محدوده با خطر زیاد با تراکم بالغ بر $37/7$ درصد مساحت نسبت به کل مساحت محدوده، خطر متوسط در حدود $37/7$ درصد مساحت نسبت به کل مساحت و محدوده با خطر کم در حدود $12/1$ درصد مساحت نسبت به کل مساحت محدوده و محدوده خیلی کم در حدود $5/5$ درصد از مساحت حوضه را در برمی‌گیرد.

منابع و مآخذ

- ۱- احمدی، حسن و همکاران، پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای با استفاده از دوروش رگرسیون چند متغیره و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در حوضه آبریز گرم جای، 1382 مجله منابع طبیعی ایران، جلد 56 ، شماره 4 .
- ۲- جوکار سرهنگی، عیسی، بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش باروش (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (حوضه صفارود)، فصل نامه جغرافیایی سرزمین، سال چهارم، شماره 13 ، 1386 .
- ۳- صامتی، مجید-سامتی، مرتضی، اصغری، مریم (1382) اولویت‌های توسعه بخش صنعت استان اصفهان بر اساس روش فزاینده تحلیل سلسله مراتبی AHP، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی شماره 27 ، صص $59-90$.
- ۴- علیجانی، بهلول-قهرودی، منیژه-امیراحمدی، ابوالقاسم، پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش در دامنه‌های شمالی شاه جهان با استفاده از GIS، مطالعه موردی حوضه اسطخری شیروان، فصل نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره 84 .
- ۵- فرجی سبکیار، حسنعلی (1384)، مکان‌یابی واحدهای خدماتی بازرگانی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP در بخش طرقله مشهد، مجله پژوهشهای جغرافیایی، شماره 1 ، صص $125-137$.
- ۶- قدس پور، سیدحسن، فزاینده تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، 1385 ، ص 5 ، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- ۷- کرم، عبدالامیر، مدل سازی کمی و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین خورده، پایان نامه دکتری دانشگاه تربیت مدرس، 1380 .
- ۸- محمودی، فرج...، ژئومورفولوژی، دینامیک، 1374 ، صص $36-39$ ، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۹- میرصانمی، رضا و مهدیفر، محمدرضا، روش‌ها و معیارهای بهینه جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی زمین لغزش، شهر یور 1385 ، پژوهشکده سوانح طبیعی.
- ۱۰- نقشه توپوگرافی $1:50000$ ؛ شیت‌های بدرانلو و قاقانلو.
- ۱۱- نقشه زمین شناسی $1:250000$ ؛ شیت بجنورد.

پی نوشت

- 1- Mass movements
- 2- Disasters
- 3- Hazards