پهنه‌بندی حرکات توده‌ای در مسیر سنندج - دهگلان با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[1] در محیط (GIS[2])[3]

دکتر محمد رضا ثروتی
دانشیار دانشگاه شهید بهشتی
دانشکده علوم زمین

دکتر محمد مهدی حسین‌زاده
استادیار دانشگاه شهید بهشتی
دانشکده علوم زمین

دکتر سعید خضری
استادیار دانشگاه کردستان

عادل منصوری
دانشجوی کارشناسی ارشد
دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

پهنه‌بندی حرکات توده‌ای یکی از روش‌هایی است که به‌کمک آن مناطق بحرانی را به‌لحاظ پایداری شیب می‌توان مشخص کرد و از نقشه پهنه‌بندی به‌دست آمده در برنامه‌ریزی‌های توسعهٔ پایدار استفاده کرد (کرم، ۱۳۸۱، ص ۲۵). مسیر سنندج - دهگلان یکی از مسیرهای ارتباطی اصلی و پرتردد استان کردستان به‌حساب می‌آید که سیستم حمل‌ونقل این مسیر در منطقه کوهستانی از نظر حرکات توده‌ای دچار تهدید می‌شود. این مسیر در محدوده کوهستانی به‌دلیل داشتن شیب زیاد دامنه‌ها و ارتفاع زیاد منطقه و همچنین مکان‌گزینی نامناسب جاده و به‌واسطه آن ناپایدارسازی دامنه‌ها دارای وضعیتی نامناسب است. تحقیق حاضر بر آن است که عوامل و عناصر مؤثر در ایجاد این حرکات با استفاده از روش سلسله مراتبی (AHP) مشخص کرده و بر اساس تأثیر هرکدام از این عوامل و عناصر به وزن‌دهی آنها پرداخته و درنهایت نقشه پهنه‌بندی نقاط حساس به حرکات را مشخص نماید، که این نقشه پهنه‌بندی بر اساس ترکیبی از لایه‌های هیپسومتری، شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی، تیپ خاک، لیتولوژی، فاصله از گسل، فاصله از جاده، فاصله از روستا، تراکم شبکه زهکشی، درجهٔ حرارت، بارندگی و همچنین واحدهای اراضی و کاربری اراضی می‌باشد. بر این اساس محدوده به چهار طبقه ریسک تقسیم گردید. نقشه به‌دست آمده به چهار طبقه با ریسک خیلی زیاد با ۸/۷ کیلومترمربع، زیاد با ۲۸/۹ کیلومترمربع، متوسط با ۴۱/۳ کیلومترمربع و پهنه کم با ۶/۵ کیلومترمربع تقسیم‌بندی گردید.

واژه‌های کلیدی: حرکات توده‌ای، مسیر سنندج - دهگلان، فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP، GIS

مقدمه

حرکات دامنه‌ای در برگیرنده کلیه فرایندهایی است، که منجر به حرکت توده‌ای از مواد شامل سنگ، خاک، یا ترکیبی از آنها به سمت پایین دامنه می‌شود (کوردن ۱۹۹۱). این فرایند به عنوان یکی از معضلات جهانی که همواره در جهان باعث تلفات سالانه هزاران نفر و وارد آمدن خسارات سنگین مالی و اقتصادی به مناطق مسکونی می‌شود، خصوصاً با افزایش جمعیت و اسکان در مناطقی با شیب زیاد که مستعد رویداد زمین لغزش هستند، دارای اهمیت خاصی می‌باشد. آمارهای جهانی تلفات و خسارات مالی ناشی از این پدیده، پیوسته در حال افزایش می‌باشد. به طوری که حرکات توده‌ای در ایالات متحده در سال ۲۰۰۱ باعث تقریباً ۳/۵ میلیارد دلار خسارت و کشته شدن ۲۵ تا ۵۰ نفر گردیده است. البته این تنها آمار کوچکی از تلفات و خسارات ناشی از حرکات توده‌ای در جهان است. در کشور ما نیز بر اساس برآوردهای اولیه، سالانه حدود ۵۰۰ میلیارد ریال خسارات مالی از طریق وقوع زمین لغزه‌ها وارد می‌شود. همچنین بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد تا اوایل سال ۱۳۷۸ وقوع حدود ۲۵۹۰ زمین لغزش در کشور باعث مرگ ۱۶۲ نفر، تخریب ۱۷۶ باب خانه و ایجاد رسوب دانه‌ای به حجم ۹۶۳۸۰۷ متر مکعب شده است (کرم، ۱۳۷۴).

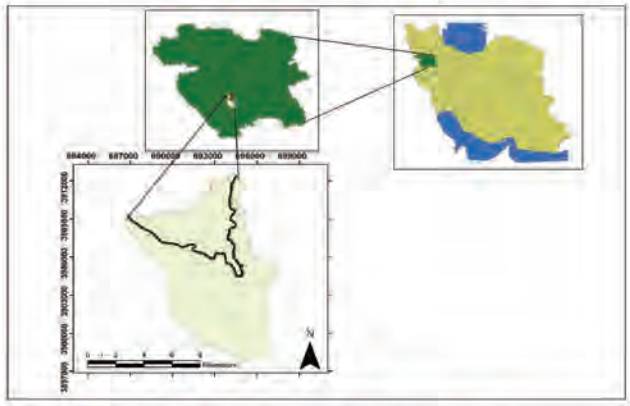
گزارش‌های موجود در بانک اطلاعاتی حاصل از حرکات توده‌ای حاکی از آن است که در وقوع حرکات عوامل متعددی دخیل هستند. علاوه بر عواملی چون شرایط زمین‌شناسی و زمین ساخت، عامل اقلیم به صورت تأثیر بر روی فشار آب منفذی[4] و سطح آب زیر زمینی، افزایش بار دامنه زیر شویی و از بین بردن تکیه گاه‌های جانبی به عنوان عامل اصلی و محرک، نقش مهمی در وقوع ۲۵۹۰ زمین لغزش در کشور داشته است. مسیر سنندج - دهگلان به عنوان یکی از مسیرهایی که از نظر مکان گزینی به دلیل شرایط سخت و نامناسب توپوگرافی و به واسطه شرایط نامساعد جوّی، تحت تأثیر حرکات توده‌ای اعم از لغزش و ریزش می‌باشد، که نیازمند مطالعه و بررسی شرایط حاکم بر آن جهت مدیریت ریسک این مسیر می‌باشد. شیب

توپوگرافی در حدود ۶۰ درجه و قرار گرفتن جاده در ارتفاع زیاد بیش از ۲۲۰۰ متری و واقع شدن در راستای دامنه‌های ناپایدار از خصوصیات آن است. برای تحلیل و ارزیابی چند معیاری پتانسیل زمین نسبت به یک رویداد خاص مثل حرکات توده‌ای روش‌های متعددی وجود دارد. روش فرایند سلسله مراتبی روشی جهت تعیین اهمیت و تقدم معیارها در فرآیند تحلیل و ارزیابی است. در حالتی که معیارهای چندگانه اعم از (کمی و کیفی) مطرح باشند، تصمیم‌گیری چند معیاره با دو مشکل اصلی روبرو است (قدسی پور، ۱۳۸۵، ص ۵): ۱- فقدان استاندارد برای معیارهای کیفی، ۲- فقدان واحد برای تبدیل معیارها (اعم از کیفی و کمی) به یکدیگر. در این میان روش تحلیل سلسله مراتبی به عنوان روشی که بتواند با مقایسهٔ دو به دویی این معیارهاوزن 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 مسیر سنندج - دهگلان بوده و همچنین تعیین نقاط حساس به فرایند حرکات توده‌ای جهت انجام عملیات و برنامه ریزیهای پیشگیری در مسیر مورد مطالعه می‌باشد.

۱- مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی مسیر مورد مطالعه

مسیر سنندج - دهگلان در استان کردستان و در مختصات ۴۷ درجه تا ۴۷ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است. این مسیر تقریباً ۵۰ کیلومتر طول دارد که حدود ۲۵ کیلومتر آن در منطقه کوهستانی و بقیه مسیر در منطقهٔ پایکوهی و دشتی واقع گردیده است. بیشترین مشکل آن از نظر حرکات توده‌ای در محدوده کوهستانی است که در مطالعه حاضر بر آن تأکید شده است. این مسیر همچنین مسیر ارتباطی اصلی سنندج به تهران می‌باشد. (نقشه شماره ۱)

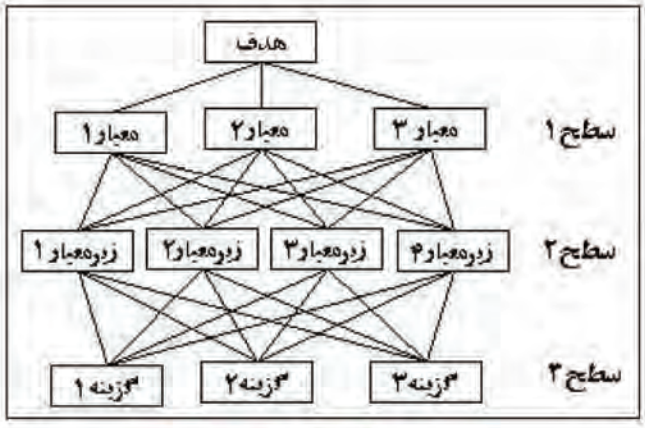


نقشه (۱) موقعیت مسیر مورد مطالعه در کشور و در استان

منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیمات ساختمانی ایران در زون سنندج - سیرجان که ناآرام‌ترین زون ساختمانی ایران است واقع گردیده (محمودی ۱۳۷۸). ناهمواریهای مسیر مورد مطالعه از نظر جهت امتداد همان جهت امتداد رشته کوههای زاگرس می‌باشد که در تقسیمات ساختمانی ایران در زون سنندج - سیرجان واقع گردیده است.

- روش تحلیل سلسله مراتبی

برای پهنه‌بندی ریسک حرکات توده‌ای در مسیر مورد مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. روش تحلیل سلسله مراتبی توسط پروفسور ساعتی ارائه شده است. این روش بر اساس تجزیه مسائل پیچیده به سلسله مراتب می‌باشد که در رأس آن هدف کلی قرار دارد (فرجی سبکبار، ۱۳۸۴). در این روش عناصر سطوح مختلف به صورت دوتایی با هم مقایسه می‌گردند و سپس بر اساس میزان ارجحیت دو معیار مقایسه‌ای ارزش گذاری می‌شوند. سطوح مختلف سلسله مراتب در نگاره (۱) ارائه شده است.



نگاره (۱) مدل کلی سلسله مراتب AHP

جدول ۱: مقیاس‌بندی ساعتی

مقدار	واژه‌های مقایسه‌ای	توصیف
۱	اهمیت مساوی	دو عنصر با توجه به سطح بالاتر دارای اهمیت برابری هستند
۳	اهمیت نسبتاً بیشتر	با توجه به تجربیات و قضاوت هنگام مقایسه عناصر ارزش نسبتاً بیشتری به یک عنصر داده می‌شود.
۵	اهمیت بیشتر	با توجه به تجربیات و قضاوت هنگام مقایسه عناصر ارزش زیادی به یک عنصر داده می‌شود.
۷	خیلی مهمتر	درعمل غلبه یک عنصر اثبات شده است.
۹	بسیار مهمتر	در میان عناصر بالاترین درجه به یک عنصر خاص داده می‌شود.
۸و۶و۴و۲	مقادیر میانه	

با استفاده از مقیاس نسبی و مقایسه دو به دویی می‌توان به وزن دهی عناصر کیفی پرداخت و معیارها و زیر معیارهای هر سطح را به مقادیر کمّی تبدیل کرد که این روش برای هر عنصر و سطح در جهت رو به پایین تکرار می‌شود. جدول مقیاس بندی ساعتی در جدول شماره ۱ آمده است.

اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی

اگر ترجیح عنصر A بر عنصر B برابر n باشد ترجیح عنصر B بر عنصر A برابر 1/n خواهد بود.

شرط همگنی

عنصر A با عنصر B باید همگن و قابل قیاس باشند. به بیان دیگر برتری عنصر A بر عنصر B نمی‌تواند بی نهایت یا صفر باشد.

- شرط وابستگی

هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر سطح بالاتر خود می‌تواند وابسته باشد و به صورت خطی این وابستگی تا بالاترین سطح می‌تواند ادامه داشته باشد.

- شرط انتظارات

هر گاه تغییر در ساختمان سلسله مراتبی رخ دهد پروسه ارزیابی باید مجدداً انجام گیرد.

- منابع مؤثر در مطالعه

۱- 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 سنندج، قروه، زرینه اباتو، و ایستگاه کلیماتولوژی کامیاران به ترتیب با ۴۵، ۱۶، ۱۶، و ۱۰ سال و همچنین ایستگاه بارانسنجی دهگلان، صلوات آباد، و قاملو استفاده گردید.

۲- اطلاعات زمینی (زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی، خاک و...):

- نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۱۵۰۰۰ مسیر مورد مطالعه (شیت‌های سنندج و دهگلان) (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح)
- نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سنندج (سازمان زمین‌شناسی کشور).
- نقشه قابلیت اراضی ۱:۲۵۰۰۰۰ استان کردستان (مؤسسه خاک‌شناسی استان تهران).
- لایه رقومی ۱:۲۵۰۰۰۰ پوشش گیاهی استان کردستان (سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور).
- نقشه‌های پوشش گیاهی
- نرم‌افزار GIS جهت هم مقیاس سازی نقشه‌ها و Overlap کردن آنها جهت تهیه نقشه ریسک مسیر
- بازدید میدانی از مسیر جهت انطباق نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی با واقعیت موجود در مسیر مورد مطالعه

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

۴- آمار حرکات توده‌ای: برای تهیه آمار حرکات توده‌ای از اطلاعات و آمار موجود در بانک اطلاعات سازمان جنگلها و مراتع کشور و همچنین اطلاعات مربوط به حرکات توده‌ای مسیر که توسط ادارهٔ راه و ترابری استان کردستان به ثبت رسیده استفاده گردید.

۲- تحلیل عوامل مؤثر بر وقوع حرکات توده‌ای در مسیر

۱- زمین‌شناسی: اگر حرکات توده‌ای که باعث ایجاد خطر در مسیر مورد مطالعه می‌شوند را با توجه به تقسیم بندی وارنز [۵] (۱۹۷۸) مورد مطالعه قرار دهیم حرکات توده‌ای مسیر در دو دسته لغزش‌ها و ریزش‌ها یا سقوط مسیر را تهدید می‌کنند. بیشتر لغزشها در رسوبات ریز دانه و همچنین سنگ‌های سست دامنه به ویژه شیل‌ها رخ داده است و بیشتر ریزش‌ها و سقوط‌ها در سنگ‌های نسبتاً سخت‌تر فوقانی به ویژه آهک‌های متوسط مسیر روی داده است (نقشه شماره ۲).

۲- گسل‌ها و خطواره‌ها: وجود گسل‌ها و خطواره‌ها به عنوان عامل ثانویه در ایجاد حرکات توده‌ای بسیار قابل توجه است. وجود گسل‌های فراوان در مسیر، نقش مهمی در افزایش زاویه شیب دامنه‌ها در مسیر سنندج - دهگلان به ویژه در گردنه صلوات آباد داشته است. گسل اصلی منطقه یعنی گسل صلوات آباد در این میان نقش اصلی را در میان گسل‌های دیگر داشته زیرا این گسل باعث ایجاد پرتگاه و پله گسلی در مسیر گشته است.

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 مسیر مورد مطالعه بیشتر لغزش‌ها در رسوبات منفصل و ریز دانه در شیب ۴۰-۳۰ درجه رخ داده و این در حالی است که بیشتر ریزش‌ها در فاصله شیب ۶۰-۴۰ درجه به وقوع پیوسته، اما حرکات توده‌ای به طور عام در شیب بالاتر از ۳۰ درجه رخ داده است.

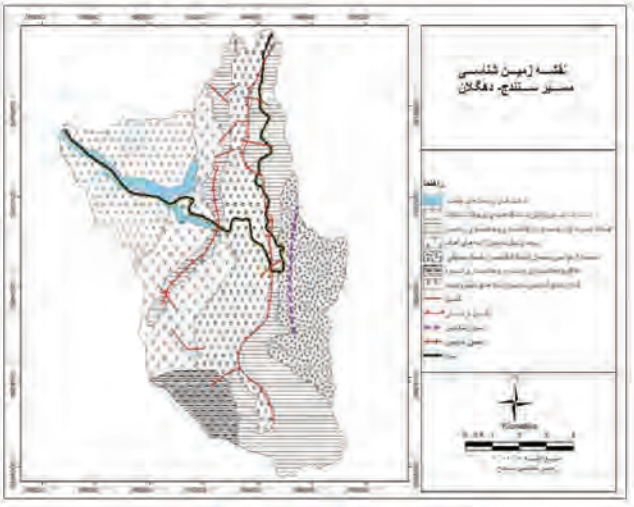
۴- ارتفاع: افزایش ارتفاع در یک منطقه نه فقط به تنهایی عامل بازدانده در حمل و نقل می‌باشد، بلکه با افزایش این عامل، عوامل دیگر به ویژه اقلیم دست خوش تغییرات صعودی می‌گردد. در مسیر مورد مطالعه جایی که بیشترین ارتفاع را داشته معمولاً دارای بیشترین حرکت توده‌ای به ویژه ریزش بوده است که این عوامل به دلیل تخریب سنگ‌ها در اثر هوازدگی فیزیکی و عمل کریوکلاسی و فراهم شدن قطعات درشت و ریز جهت انجام عمل ریزش دامنه‌ای می‌باشد (نقشه شماره ۳).

۵- جهت شیب: در مسیر سنندج - دهگلان بیشتر لغزش‌ها در دامنه‌های شمالی مسیر رخ داده و بیشتر ریزشهای دامنه‌ای در دامنه‌های غربی مسیر رخ داده است. باید توجه داشت که روند حرکات توده‌ای مسیر روند جهت روراندگی در مسیر مورد مطالعه به ویژه جهت غربی است و این به دلیل

قرارگیری جهت لایه‌ها به طرف غرب می‌باشد.

۶- بارش: بارش باران و ذوب برف با تأمین آب بالا بردن سطح ایستایی آبهای زیر زمینی و فشار آب منفذی، مهمترین عامل وقوع حرکات توده‌ای را سبب می‌گردند. یکی از دلایل بالا رفتن فشار منفذی در خاکها مخصوصاً در انواع ریزدانه که نفوذ پذیری کم و قابلیت زهکشی ضعیفی دارند، بارگذاری ناگهانی به روی خاک است که در نتیجه آن خاک متراکم می‌شود. آبهای داخلی خاک که این چنین تحت فشار قرار می‌گیرند، چون نمی‌توانند به سرعت از خاک خارج شوند، یک فشار منفی (فشار به سمت بالا) ایجاد می‌نمایند.

در شرایطی که فشار منفذی برابر فشار فوقانی حاصل از بار گذاری باشد، مقاومت برشی دامنه کاهش یافته و باعث سقوط توده آب گرفته می‌گردد. در مسیر مورد مطالعه بیشتر حرکات توده‌ای در بین منحنی‌های بارش ۴۴۰-۴۰۰ میلیمتر صورت گرفته است. البته در منطقه کوهستانی به دلیل ماندگاری برف، بارش برف نیز به عنوان یکی از عوامل مهم در ایجاد و تسریع در رخداد حرکات توده‌ای می‌باشد.



نقشه (۲) زمین‌شناسی مسیر مورد مطالعه

۷- آبراهه‌ها: تراکم شبکه زهکشی یکی از عوامل است که می‌تواند نقش مؤثری در این حرکات داشته باشد. در مسیر مورد مطالعه جایی که شیب در دامنه‌ها کاهش یافته تراکم آبراهه بالا رفته که این نقش مهمی در ایجاد لغزش داشته است. اما در جایی که شیب دامنه افزایش داشته است و جنس سازندها سخت‌تر و رسوبات ریز کاهش یافته تراکم پایین آمده و نقش آن در ایجاد زیر شویی‌ها و ایجاد بهمن‌های واریزه‌ای و ریزش‌ها مؤثر بوده است. در جاهای هموار مانند دشتها که دارای رسوبات با عمق زیاد می‌باشد تراکم شبکه زهکشی کاهش یافته است (نقشه شماره ۴).

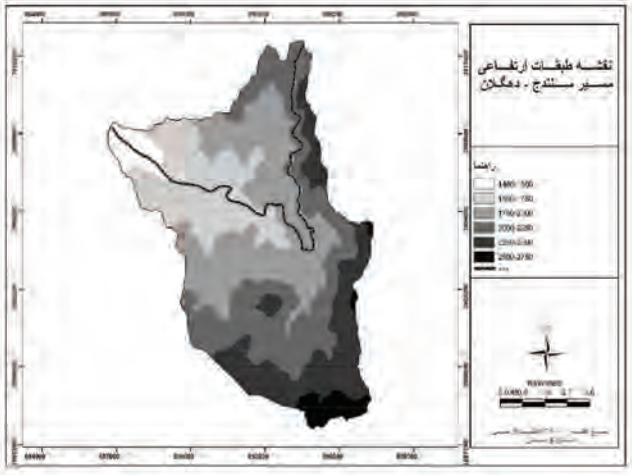
۸- خاک: از آنجا که در محدوده مورد مطالعه بیشتر حرکات توده‌ای در محدوده کوهستانی رخ داده و در ناحیهٔ دشتی عملاً خبری از این گونه حرکات نیست، لذا بیشتر حرکات درخاکهایی با عمق کم و بافت متوسط و همچنین با رخنمون سنگی رخ داده است و خاکهای با بافت عمیق و سنگین در دشت‌ها قرار دارند.

۹- پوشش گیاهی: محدوده مورد مطالعه فارغ از وجود پوشش جنگلی انبوه و حتی نیمه انبوه است و بیشتر محدوده را پوشش مرتع انبوه و نیمه انبوه استپی کوتاه قد علفی یک ساله، مراتع تنک و برون زدگی سنگی تشکیل می‌دهد، و به واسطهٔ آن بیشتر حرکات توده‌ای در این سه طبقه رخ داده که به ترتیب بیشترین آن در برون زدگی سنگی، مرتع تنک و سرانجام در مرتع نیمه انبوه رخ داده است.

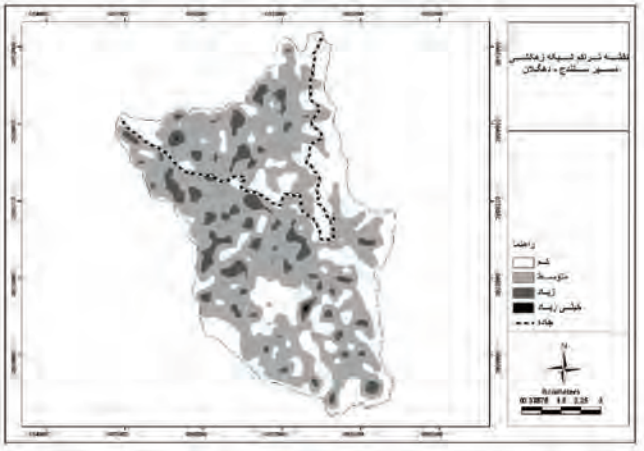
۱۰- فاصله از جاده: نقش وجود جاده در ایجاد حرکات توده‌ای در مسیر مورد مطالعه به دلیل زیر بری و از بین بردن پاشنه دامنه بسیار برجسته‌تر از سایر عوامل تأثیر گذار موجود در مسیر مورد مطالعه است. به واسطهٔ همین عامل بیشتر حرکات توده‌ای (لغزش و ریزش) در ترانشهٔ جاده رخ داده است.

۱۱- ماندگاری برف: ماندگاری برف بر روی دامنه‌ها یکی دیگر از عواملی است که علاوه بر کاهش نیروی برشی دامنه، خود به دلیل ذوب تدریجی و نفوذ آب حاصل از آن باعث سنگین شدن دامنه و از بین رفتن نیروی چسبندگی خاک و در نتیجه سقوط دامنه می‌شود. از آنجا که بیشتر لغزش‌ها در منطقه در اوایل بهار رخ می‌دهد و در این زمان زاویه تابش آفتاب مایل بوده و همچنین آفتاب با جهت جنوب شرقی با آزیموت تقریباً ۱۰۰ درجه می‌تابد نقشه ماندگاری تهیه گردید، به طوری که نقاط دارای سایه طولانی در روز به عنوان نقاطی با ماندگاری زیاد در نظر گرفته شد (نقشه شماره ۵).

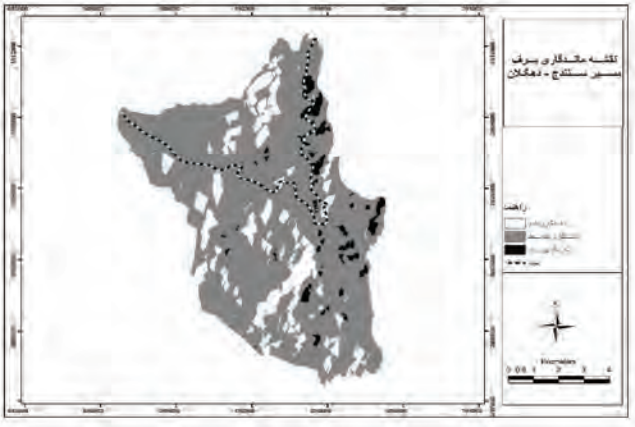
۱۲- نزدیکی به روستا: این عامل نسبت به عوامل دیگر سهم بسیار کمتری در حرکات توده‌ای داشته است. البته نباید نقش عوامل آنتروپوژنیک و فعالیت‌های اقتصادی از قبیل بهره‌برداری کشاورزی و بر هم زدن تعادل دامنه د اثر ایجاد راههای فرعی و چرای بی رویه دامداران این نقاط مسکونی و از بین بردن پوشش گیاهی در مراتع اطراف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



نقشه (۳) طبقات ارتفاعی مسیر مورد مطالعه



نقشه (۴) تراکم شبکه زهکشی



نقشه (۵) نقشه ماندگاری برف مسیر سنندج - دهگلان

۳- روش پردازش

برای پهنه بندی زمین لغزش در مسیر مورد مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. این روش بر اساس تجزیه مسایل پیچیده به سلسله مراتب است، که در رأس آن هدف کلی قرار دارد. در این تحقیق هدف تهیه نقشهٔ پهنه بندی خطر 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 بر اساس دو معیار، ارزش گذاری صورت می‌گیرد (A.Esmail & H .Ahmadi 2003)

مزیت اصلی AHP آن است که به تصمیم گیران کمک می‌کند تا یک مسأله پیچیده را به صورت 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.

۴- پهنه بندی حرکات توده‌ای

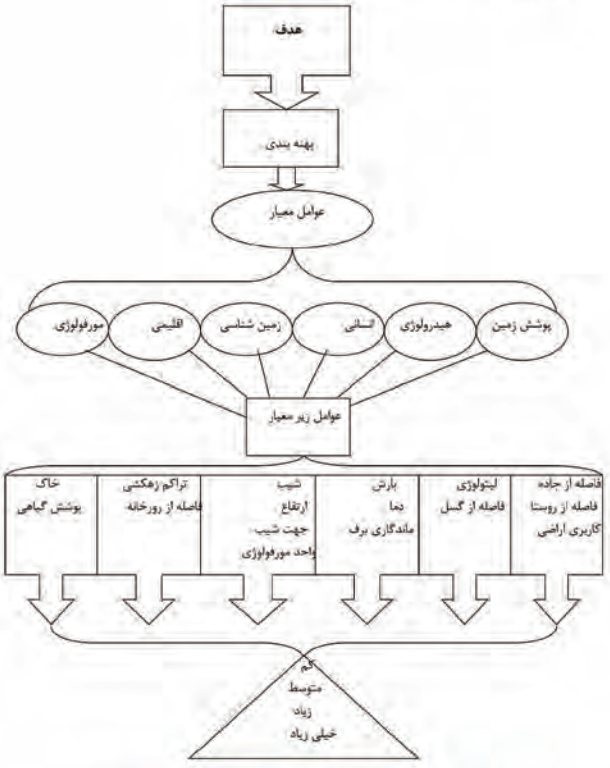
در این قسمت مدل مفهومی برای تصمیم‌گیری در زمینهٔ پهنه بندی زمین لغزش با استفاده از AHP در محیط نرم‌افزار GIS ارایه می‌شود (نگاره ۱). فرآیند تصمیم‌گیری در چهار سطح به شرح زیر انجام پذیرفته است.

سطح ۱: هدف کلی سلسله مراتب در بالاترین سطح قرار دارد. در اینجا هدف اصلی تهیه نقشه پهنه بندی حرکات توده‌ای است.

سطح ۲: در این سطح عواملی که برای پهنه بندی زمین لغزش مورد نظر هستند، تعیین می‌شوند.

سطح ۳: در این سطح عوامل سطح ۲ به عناصر جزئی‌تری تقسیم می‌شوند تا امکان مدل سازی و تهیه نقشهٔ پهنه بندی را فراهم کنند.

سطح ۴: در این سطح از مقیاس بندی چهار طبقه‌ای (خطر کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد) استفاده شده است.



نمودار (۱)؛ مدل مفهومی فرآیند تهیه نقشه پهنه بندی حرکات توده‌ای به روش سلسله مراتبی (نگارنده)

جدول (۲) ماتریس سطح ۱

	عوامل	عوامل	عوامل	عوامل	عوامل	پوشش زمین
عوامل‌مورفولوژی	۱	۳	۵	۵	۷	۹
عوامل انسانی	۱/۳	۱	۳		۷	۹
عوامل‌زمین‌شناسی	۱/۵	۱/۳	۱	۳	۵	۷
عوامل اقلیمی	۱/۵	۱/۳	۱/۳	۱	۵	۷
عوامل‌هیدرولوژی	۱/۷	۱/۳	۱/۵	۱/۵	۱	۵
پوشش زمین	۱/۹	۱/۹	۱/۷	۱/۷	۱/۵	۱
مجموع	۱/۹۸	۵/۱	۹/۶۷	۱۴/۳۴	۲۵/۲	۳۸

جدول (۳) محاسبه وزن نسبی ماتریس سطح ۱

	وزن‌نسبی	پوشش	عوامل	عوامل	عوامل	عوامل	عوامل
۰/۴۱۲	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۴	۰/۵۱	۰/۵۸	۰/۵۰	عوامل‌مورفولوژی
۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۱۹	۰/۱۶	عوامل‌انسانی
۰/۱۱۵	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۰۶۴	۰/۱۰	عوامل‌زمین‌شناسی
۰/۱۴۳	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۰۶۹	۰/۰۳۴	۰/۰۶۴	۰/۱۰	عوامل‌اقلیمی
۰/۰۵۹	۰/۱۳	۰/۰۳۹	۰/۰۱۳	۰/۰۲۰	۰/۰۶۴	۰/۰۷	عوامل‌هیدرولوژی
۰/۰۲۱	۰/۰۲۶۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹	۰/۰۱۴	۰/۰۲۱	۰/۰۵	پوشش زمین

۵- محاسبه ماتریس وزنی

نمودار شماره (۱) سلسله مراتب تصمیم‌گیری در مورد پهنه بندی حرکات توده‌ای را نشان می‌دهد. در سطح دوم این شکل عوامل مؤثر بر پهنه بندی حرکات توده‌ای مسیر تعیین شده‌اند.

برای انجام مقایسه ماتریسی به ابعاد ۶×۶ ایجاد می‌شود. سپس عوامل مختلف دو به دو با هم مقایسه می‌شوند و مقادیر مربوط به آنها اختصاص می‌یابد. برای محاسبهٔ 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. اوزان مربوط به هر معیار سطح ۲ در جدول شماره (۲) آمده است.

در مرحله بعدی با توجه به عوامل مؤثر در حرکات توده‌ای سطح (۲) همانند مرحله قبل با هم مقایسه می‌شوند. ابتدا ماتریسی به ابعاد ۱۶×۱۶ ایجاد می‌شود. سپس عناصر مختلف دوتایی با هم مقایسه می‌شوند و مقادیر مربوط به آنها اختصاص می‌یابد (جدول شماره ۴).

برای محاسبهٔ مقادیر و بردار ویژه ستون‌ها با هم جمع شده، هر سلول ماتریس بر جمع ستون مربوط تقسیم می‌شود، که این عمل برای نرمال کردن ماتریس انجام می‌پذیرد. در این مرحله، ماتریس وزنی سطح سوم محاسبه می‌شود. در مرحله بعد جهت به دست آوردن وزن نسبی هر لایه مجموع هر سطر را به دست آورده، بر تعداد مجموع لایه‌ها تقسیم و وزن نسبی به دست می‌آید (جدول شماره ۵).

جدول (۴) ماتریس سطح ۳

	فاصله از جاده	لیتولوژی	ماندگاری برف	شیب	ارتفاع	جهت شیب	بارش	زهکشی	فاصله از گسل	مورفولوژی	دما	خاک	پوشش گیاهی	کاربری اراضی	رودخانه	روستا
فاصله‌ازجاده	۱	۲	۴	۵	۵	۶	۴	۶	۷	۷	۶	۸	۸	۹	۹	۹
لیتولوژی	۱/۲	۱	۴	۶	۶	۷	۵	۶	۷	۷	۸	۶	۸	۸	۹	۹
ماندگاری برف	۱/۴	۱/۴	۱	۵	۶	۶	۳	۴	۶	۵	۴	۷	۷	۸	۸	۹
شیب	۱/۵	۱/۶	۱/۵	۱	۴	۳	۴	۵	۶	۵	۷	۶	۸	۷	۹	۹
ارتفاع	۱/۵	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱	۷	۶	۵	۵	۴	۸	۸	۷	۷	۸	۹
جهت شیب	۱/۶	۱/۷	۱/۶	۱/۶	۱/۶	۱	۳	۴	۵	۶	۶	۷	۶	۵	۸	۸
بارش	۱/۴	۱/۵	۱/۳	۱/۴	۱/۶	۱/۳	۱	۵	۶	۴	۷	۷	۵	۶	۶	۸
زهکشی	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۵	۱	۵	۵	۸	۶	۶	۸	۴	۸
گسل	۱/۷	۱/۷	۱/۶	۱/۶	۱/۵	۱/۵	۱/۶	۱/۵	۱	۳	۶	۵	۳	۴	۵	۷
مورفولوژی	۱/۷	۱/۷	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۶	۱/۴	۱/۵	۱/۳	۱	۵	۵	۷	۴	۶	۹
دما	۱/۶	۱/۸	۱/۴	۱/۷	۱/۸	۱/۶	۱/۷	۱/۸	۱/۶	۱/۵	۱	۴	۴	۳	۳	۶
خاک	۱/۸	۱/۶	۱/۷	۱/۶	۱/۸	۱/۷	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱	۲	۳	۶	۸
پوشش گیاهی	۱/۸	۱/۸	۱/۷	۱/۸	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۶	۱/۳	۱/۷	۱/۴	۱/۲	۱	۵	۶	۷
کاربری اراضی	۱/۹	۱/۸	۱/۸	۱/۷	۱/۷	۱/۵	۱/۶	۱/۸	۱/۴	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۵	۱	۵	۵
رودخانه	۱/۹	۱/۹	۱/۸	۱/۹	۱/۸	۱/۸	۱/۶	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۳	۱/۶	۱/۶	۱/۵	۱	۵
روستا	۱/۹	۱/۹	۱/۹	۱/۹	۱/۹	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۷	۱/۹	۱/۶	۱/۸	۱/۷	۱/۵	۱/۵	۱
مجموع	۲/۹۸	۴/۹۲	۱۱/۳۷	۱۹/۰۲	۳۳/۷	۳۱/۸۷	۲۷/۵۵	۳۷/۳۵	۴۹/۶	۴۴۰/۶	۶۷/۲۲	۷۱/۱۱	۶۸/۵	۷۸/۴	۸۷/۲	۱۱۷

جدول (۵) محاسبه وزن نسبی عوامل سطح ۲

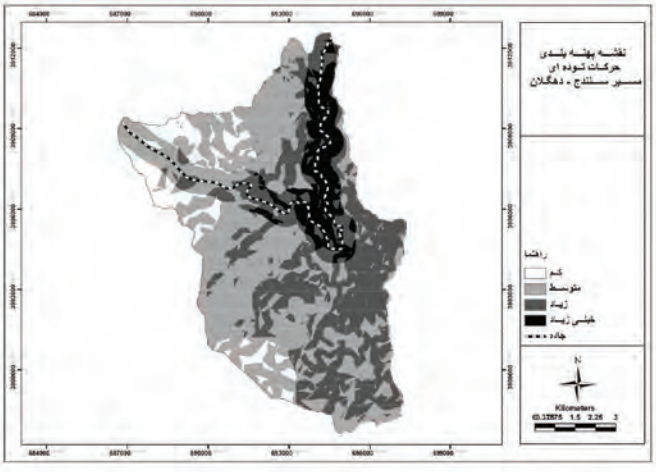
	فاصله از جاده	لیتولوژی	ماندگاری برف	شیب	طبقات ارتفاعی	جهت شیب	بارش	تراکم زهکشی	فاصله از گسل	مورفولوژی	دما	خاک	پوشش گیاهی	کاربری اراضی	فاصله از رودخانه	فاصله از روستا	وزن نسبی
فاصله	۰/۳۳۵	۰/۴۰	۰/۳۵	۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۱۸
لیتولوژی	۰/۱۶۷	۰/۲۰	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۴	۱۵	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۱۶۴
ماندگاری	۰/۰۸۳	۰/۰۵۰	۰/۰۸۸	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۱۱۷
شیب	۰/۰۶۷	۰/۰۳۲	۰/۰۱۷	۰/۰۵۲	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۹۴
ارتفاع	۰/۰۶۷	۰/۰۳۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۴۲	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۹۳
جهت	۰/۰۵۳	۰/۰۲۹	۰/۰۱۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۳۱	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶۸
بارش	۰/۰۶۷	۰/۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۰۱۳	۰/۰۰۶	۰/۰۱۰	۰/۰۳۶	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۶۵
زهکشی	۰/۰۵۳	۰/۰۳۲	۰/۰۲۲	۰/۰۱۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۳۱	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۵۳
گسل	۰/۰۴۷	۰/۰۲۹	۰/۰۱۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۲۰	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۳۵
مورفولوژی	۰/۰۴۷	۰/۰۲۹	۰/۰۱۷	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۳۶
دما	۰/۰۵۳	۰/۰۲۶	۰/۰۲۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۲۵
خاک	۰/۰۴۱	۰/۰۳۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۲۱
پوشش گیاهی	۰/۰۴۱	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۱۸
کاربری اراضی	۰/۰۳۷	۰/۰۲۵	۰/۰۱۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۱۴
رودخانه	۰/۰۳۷	۰/۲۲	۰/۰۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱۰
فاصله از روستا	۰/۰۳۷	۰/۰۲۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۷

محاسبه وزن عمومی

در این مرحله که آخرین مرحله وزنی است اوزان هر لایه در سطح مقایسه گردیده که در جدول شماره (۴) نتایج آن آمده است.

نگاره (۲) لغزش چرخشی در دهانه تونل مسیر سنندج - دهگلان
نگاه جنوبی

از آنجا که عوامل معیار تفکیکی از عوامل زیر معیار است بنابراین تأثیر عوامل زیر معیار در پهنه بندی ارجحیت یافته است که در میان عوامل زیر معیار تأثیر گذار در ایجاد حرکات توده‌ای بیشترین تأثیر را به ترتیب فاصله از جاده و لیتولوژی، به ترتیب با ۰/۱۸، ۰/۱۶، داشته است.



نقشه (۶) پهنه بندی حرکات توده‌ای در مسیر سنندج - دهگلان

بقیه عوامل تقریباً با تأثیر مشابه در ایجاد حرکات توده‌ای ایفای نقش نموده‌اند که از آن میان عامل فاصله از روستا با ۰/۰۰۷ کمترین تأثیر را در ایجاد ریسک داشته است. در میان عوامل معیار بر اساس اجتماع وزن زیر معیارها و عوامل مورفولوژی بیشترین و پوشش زمین کمترین اثر را در ایجاد حرکات توده‌ای داشته است. بر اساس وزن‌های بدست آمده نقشه پهنه بندی خطر در محیط GIS بدست آمد (نقشه شماره ۶).

نتیجه گیری

با توجه به نقشه پهنه بندی به دست آمده، بر اساس ۱۶ عامل مؤثر بر زمین لغزش در قالب لایه‌های مختلف اطلاعاتی سطوح با ریسک بسیار زیاد تا کم شناسایی شدند. مناطق با خطر بسیار زیاد با تراکمی در حدود ۱۰/۲۶ درصد مساحت نسبت به کل مساحت محدوده و بیشتر در اطراف و نزدیکی جاده و در محدوده کوهستانی مسیر وجود دارند. همچنین محدوده با خطر زیاد با تراکم بالغ بر ۳۴ درصد مساحت نسبت به کل مساحت محدوده، خطر متوسط در حدود ۴۸/۵ درصد مساحت نسبت به کل مساحت و محدوده با خطر کم در حدود ۷/۴۵ درصد مساحت نسبت به کل مساحت محدوده را در بر می‌گیرد. تمام لغزش‌های صورت گرفته در مسیر مورد مطالعه در محدوده کوهستانی رخ داده است، که از طرفی دیگر نقش مورفولوژی را به عنوان عامل اصلی در ایجاد این حرکات نمایان می‌سازد.

منابع و مآخذ

۱-احمدی، حسن و همکاران، پهنه بندی خطر حرکات توده‌ای با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در حوزه آبریزگرم چای، ۱۳۸۲، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۶، شماره ۴

۲-ادبی فیروزجانی، عظیم، ارزیابی سوانح و ایمنی جاده‌ای با رویکرد مخاطرات اقلیمی مطالعه موردی محور کرج -چالوس، زمستان ۱۳۸۴

۳-آمار اقلیمی ادارهٔ هواشناسی استان کردستان

۴-ثروتی، محمدرضا و بهنیافر، ابوالفضل، مبانی توصیف و تفسیر نقشه‌های توپوگرافی و زمین شناسی، ۱۳۸۶، ص ۶۰، انتشارات دانشگاه پیام نور.

۵-جعفرپور، ابراهیم، پژوهش اقلیمی در غرب ایران (اسدآباد، کامیاران، سنندج تا مریوان، بیجار) ۱۳۵۶، ص ۲۷، انتشارات جغرافیایی دانشگاه تهران.

۶-جوکار سرهنگی، عیسی، بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش با روش (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (حوضه صفارود)، فصل نامه جغرافیایی سرزمین، سال چهارم، شماره ۱۳، بهار ۱۳۸۶

۷-رجائی، عبدالحمید، کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط، ۱۳۷۳، ص ۳۱۸، انتشارات قومس

۸-روژه‌کک، ترجمه محمودی، فرج‌الله، ژئومورفولوژی اقلیمی، ۱۳۸۳، چاپ چهارم انتشارات دانشگاه تهران

۹-زبردست، اسفندیار، (۱۳۸۲)، «ارزیابی روش‌های تعیین سلسله مراتب و سطح بندی سکونتگاهها در رویکرد عملکردهای شهری در توسعه روستایی» صص ۶۳-۵۲ هنرهای زیبا، شماره ۱۲

۱۰-صامتی، مجید -سامتی، مرتضی، اصغری مریم، (۱۳۸۲) «اولویت‌های توسعه بخش صنعت استان اصفهان بر اساس روش و فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی شماره ۲۷، صص ۹۰-۵۹.

۱۱-علیزاده، امین و همکاران، هواشناسی کاربردی، ۱۳۸۵، چاپ نهم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۲-علیجانی، بهلول -قهرودی، منیژه -امیراحمدی، ابوالقاسم، پهنه بندی خط وقوع زمین لغزش در دامنه‌های شمالی شاه‌جهان با استفاده از GIS، مطالعه موردی حوضه اسطخری شیروان، فصل نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۴

۱۳-فرجی سبکبار، حسنعلی، (۱۳۸۴)، «مکان یابی واحدهای خدماتی با زرگانی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP در بخش طرقبه مشهد»، مجلهٔ پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۵۱ صص ۱۲۵-۱۳۷.

۱۴-فرج زاده، منوچهر، تکنیک اقلیم شناسی، ۱۳۸۶، ص ۲۵۰، انتشارات سمت، چاپ اول.

۱۵-فلاح تبار، نصرالله، تأثیر برخی عوامل جغرافیایی بر راههای کشور، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۸، مهرماه ۱۳۷۹.

۱۶-قدسی پور، سیدحسن، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، ۱۳۸۵، ص ۵، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۱۷-کرم، عبدالامیر، مدل سازی کمی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین خورده، پایان نامه دکتری دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰

۱۸-محمودی، فرج‌الله، ژئومورفولوژی دینامیک، ۱۳۷۴، ص ۳۹-۳۶، انتشارات دانشگاه پیام نور

۱۹-میرصانعی، رضا و مهدوی‌فر، محمدرضا، روش‌ها و معیارهای بهینه جهت تهیه نقشه‌های پهنه بندی زمین لغزش، شهریور ۱۳۸۵، پژوهشکده سوانح طبیعی.

۲۰-نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ شیت‌های سنندج و دهگلان

۲۱-نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شیت سنندج

22- A. Esmail & H. Ahmadi (2003), Using GIS & RS in movements hazard Zonation - A case study in Germichay Watershed, Iran.

23- Horst J.schor & Donald H.Gray, (2007), Landforming

پی نوشت

1- Analytical Hierarchy Process

2- Geography Information System

۳-این مقاله بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر محمدرضا ثروتی و دکتر محمدمهدی حسین زاده و با مشاوره دکتر سعید خضری استخراج شده است.

4- Water Seepage

5- Varnes