نشریه علمی پدافند غیرعامل

سال یازدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، (پیاپی ۴۲): صص ۳۰-۲۳

"علمی-ترویجی"

ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با روش Fuzzy-AHP

مطالعه موردی: محدوده پروژه آزادراه مراغه – هشترود (قطعه دوم)

ساسان مشمول کویچ[1*]، کریم کیومرثیان[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۹

چکیده

امروزه بحث، شناسایی، مهار و پیشگیری از تلفات و خسارات جانی، اقتصادی و اجتماعی ناشی از حوادث طبیعی مانند زمین‌لغزش، سیل، زلزله مورد توجه خاص محافل علمی، تحقیقاتی و مسئولین امر در اکثر کشورها است. وقوع زمین‌لغزش می‌تواند ارتباط نزدیک و قوی با دیگر حوادث طبیعی همچون سیل و زمین‌لرزه داشته باشد و این پدیده‌ها به‌عنوان عوامل محرک، نقش قابل توجهی در گسترش و شدت خسارات ناشی از زمین‌لغزش دارند. در این تحقیق از روش Fuzzy-AHP، استفاده شده است و عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش، شامل لیتولوژی، فاصله از گسل، هندسه شیب، ارتفاع، کاربری و پوشش زمین، فاصله از آبراهه‌ها و فاصله از راه در نظر گرفته شده‌اند. منطقه مورد مطالعه در شمال غرب ایران، در استان آذربایجان شرقی و در محدوده شهرستان مراغه و هشترود واقع شده است. طول کل آزادراه مراغه - هشترود ۹۲ کیلومتر و قطعه دوم این آزادراه ۲۶ کیلومتر می‌باشد. علت اصلی قرارگیری منطقه مورد مطالعه در پهنه‌های با خطر متوسط تا بالا، عمدتاً به دلیل جنس سنگ‌های مسیر آزادراه می‌باشد که رسوبی و در مقابل فرسایش ضعیف هستند، همچنین نزدیکی به آبراهه‌ها و پوشش گیاهی پراکنده در منطقه مورد مطالعه، خطر زمین لغزش را تشدید می‌کند.

کلیدواژه‌ها: زمین لغزش، پهنه‌بندی، Fuzzy-AHP، آزادراه

۱- کارشناسی‌ارشد تکتونیک، مؤسسه عاشورا، قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا، ایران - (sasan1992.mashmoul@gmail.coml) - نویسنده مسئول

۲- کارشناسی عمران، مؤسسه عاشورا، قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا، ایران

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، با توجه به سیر صعودی خسارات و زیان‌های ناشی از حوادث طبیعی، مسئله پیش‌بینی و ارائه راه‌حل‌ها و شیوه‌های کنترل و دور ماندن از ضررها و خسارات وارده، به‌طور جدی مطرح بوده است. وقوع زمین‌لغزش می‌تواند ارتباط نزدیک و قوی با دیگر حوادث طبیعی همچون سیل و زمین‌لرزه داشته باشد و این پدیده‌ها به‌عنوان عوامل محرک، نقش قابل توجهی در گسترش و شدت خسارات ناشی از زمین‌لغزش دارند. تخریب جاده‌ها، بزرگراه‌ها، خطوط انتقال نیرو و انرژی (برق، آب، گاز) از بین رفتن و تخریب گسترده منابع طبیعی (مراتع، جنگل‌ها، زمین‌های کشاورزی) رسوب‌زائی گسترده و سریع و کمک به تسریع پر شدن مخازن سدها و بستر رودخانه‌ها از رسوب، تخریب ابنیه فنی، منازل و مناطق مسکونی از جمله خسارات مستقیم ناشی از بروز زمین‌لغزش‌ها است. مطالعه علمی و جامع پدیده زمین‌لغزش در دنیا به دلایل متعدد، از مهم‌ترین مسائل است. به جرأت می‌توان گفت، از جمله حساس‌ترین و مهم‌ترین مسائل در پروژه‌های عمرانی، همچون انتخاب مسیر احداث بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی و فرعی کوهستانی، انتخاب محل احداث سدهای خاکی و بتنی و همچنین آب‌بندها و کانال‌های انتقال آب، احداث تونل‌های عبور و مرور و طرح‌هایی همچون توسعه جنگل‌ها و مراتع طبیعی و هر گونه توسعه معدنی در گرو مطالعه پایداری شیب‌های طبیعی منطقه است. عدم توجه به این مسئله خسارات جبران ناپذیری را می‌تواند به دنبال داشته باشد [۱]. در واقع زمین‌لغزش یک پدیده مخرب طبیعی بوده و باعث به وجود آمدن خسارات جبران ناپذیری می‌شود که برای کنترل آن نیاز به مطالعه و برنامه‌ریزی است. نواحی شمال غربی ایران، در مجموع دارای توپوگرافی کوهستانی بوده و با توجه به وضعیت زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی بالا و شرایط زمین‌شناسی و اقلیمی آن، شرایط مناسبی برای ایجاد زمین‌لغزش در برخی دامنه‌ها فراهم است [۲]. بدین منظور در این تحقیق، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده روش تلفیقی Fuzzzy-AHP، در محدوده احداث آزادراه انجام شد.

۲. پیشینه پژوهش

در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، مطالعات مختلف و گسترده‌ای انجام شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: عبدالخانی و جمالی [۳]، کاربرد GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و مقایسه ارجحیت عوامل مؤثر در ایجاد لغزش در حوضه آبخیز منشاد یزد، را انجام داده‌اند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، آن‌ها نشان دادند که شیب، سنگ‌شناسی و کاربری اراضی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در وقوع لغزش در منطقه هستند. بای و حاجی میررحیمی [۴]، با استفاده از روش AHP پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه آبخیز مادرسو را انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که روش سلسله مراتبی سامانه‌ها، روش مناسبی برای پهنه‌بندی لغزش می‌باشد. محمد خان [۵]، حوضه آبخیز طالقان را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پهنه‌بندی نمودند و درنهایت به این نتیجه رسیدند که از بین عوامل تأثیرگذار در وقوع حرکات توده‌ای عامل زمین‌شناسی دارای بیشترین تأثیر بوده است. حسن‌پور و خراسانی [۶]، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه آبخیز سد زاکین را با استفاده از مدل Index Overlay Maps و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که نقش عوامل زمین‌شناسی، فاصله از گسل و شیب نسبت به عوامل دیگر در ایجاد لغزش بیشترین تأثیر را داراست.

۳. روش تحقیق

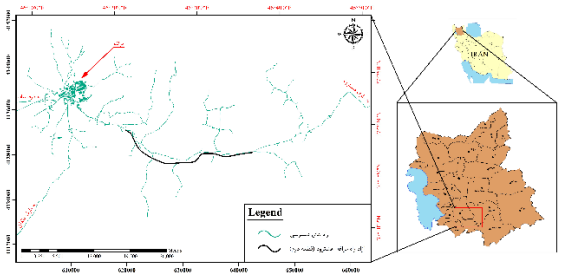
در این تحقیق از روش Fuzzy-AHP، استفاده شده‌است. عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش در این تحقیق، شامل لیتولوژی، فاصله از گسل، هندسه شیب، ارتفاع، کاربری و پوشش زمین و فاصله از آبراهه‌ها و فاصله از راه می‌باشد. در این مطالعه ابتدا نقشه‌های هر پارامتر با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.2 تهیه و بر اساس میزان خطر، کلاس‌بندی شدند. پارامترها پس از کلاس‌بندی، فازی شده و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice11 بر اساس روش AHP وزن‌دهی شدند و درنهایت پارامترها، با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.2 تلفیق و نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، به‌دست آمد.

۴. ناحیه مورد مطالعه

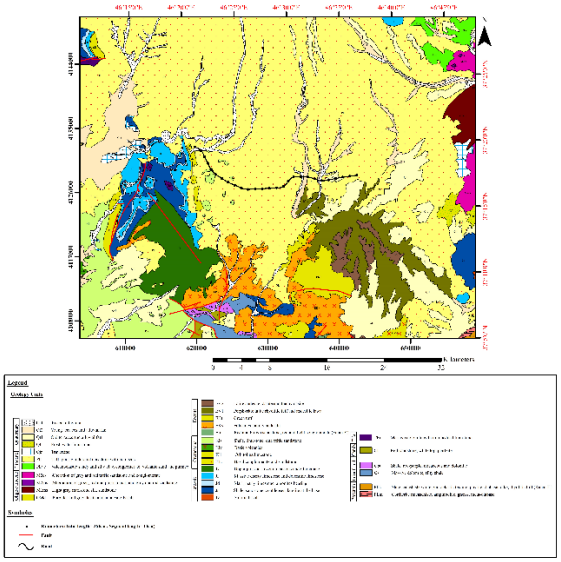
منطقه مورد مطالعه در شمال غرب ایران، در استان آذربایجان شرقی در محدوده شهرستان مراغه و هشترود واقع شده است. طول کل آزادراه مراغه - هشترود ۹۲ کیلومتر و قطعه دوم آزادراه حدود ۲۶ کیلومتر می‌باشد. محدوده پروژه از غرب به هشترود و از شرق به مراغه محدود می‌شود. این ناحیه در طول جغرافیایی ′۱۰ °۴۶ تا ′۵۰ °۴۶ شرقی و عرض جغرافیایی ′۱۰ °۳۷ تا ′۳۰ °۳۷ شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). محدوده پروژه از لحاظ لیتولوژی و چینه‌شناسی، دربرگیرنده رسوباتی به سن کرتاسه تا عهد حاضر می‌باشد و به ترتیب شامل موارد زیر است:

رسوبات کرتاسه که شامل ماسه‌سنگ، آهک و شیل می‌باشد، رسوبات پلیوسن متشکل از سنگ رس و توف و رسوبات عهد

حاضر که شامل تراس‌های آبرفتی قدیمی و جوان و رسوبات رودخانه‌ای می‌باشد (شکل ۲).



شکل (۱): نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



شکل (۲): نقشه سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه

۵. نتایج و بحث

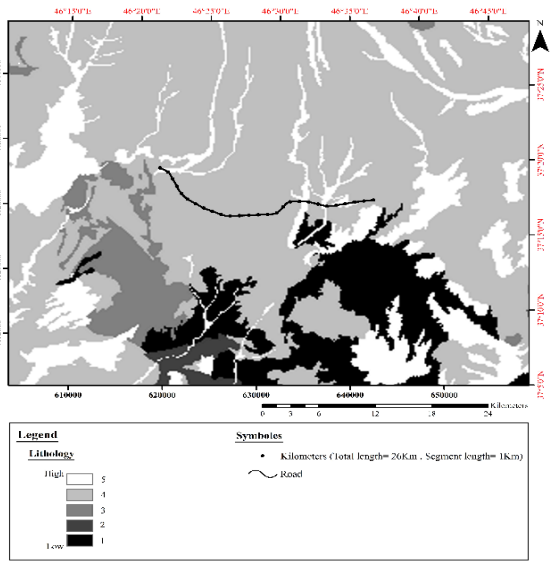
نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، برای طراحان و مهندسین در انتخاب موقعیت‌های مناسب برای اجرای طرح‌های توسعه در مناطق کوهستانی کمک بزرگ و مؤثری هستند. یکی از مدل‌های مفید جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، منطق فازی می‌باشد. یک مجموعه فازی، مجموعه‌ای است از درجات عضویت که می‌تواند به‌طور پیوسته از صفر تا یک اختیار شود. با استفاده از توابع فازی می‌توان نقشه‌های مختلف را به تعدادی کلاس تفکیک نمود [۷]. منطق فازی در واقع نظریه‌ای جهت اقدام در شرایط عدم اطمینان است. این نظریه به محقق این امکان را می‌دهد که بسیاری از مفاهیم و متغیرهای سامانه‌هایی را که مبهم هستند، صورت‌بندی ریاضی کند و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری فراهم نماید [۸]. روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، که در این پژوهش جهت محاسبه وزن هر پارامتر استفاده شد، بر اساس قضاوت کارشناسی می‌باشد. این روش بر پایه مقایسه زوجی عوامل مختلف استوار است. به‌طور کلی روند این روش به این صورت است که ابتدا به‌منظور رتبه‌بندی عوامل مختلف و پارامترها و تبدیل آن‌ها به مقادیر کمی، از قضاوت‌های شفاهی استفاده می‌شود [۹]. همچنین برای هر پارامتر ۵ رده ارزشی از نظر خطر لغزش در نظر گرفته شد که رده ۱ تا ۵ به ترتیب خطر لغزش خیلی‌کم تا خیلی‌زیاد را نشان می‌دهد.

۵-۱. لیتولوژی

فرسایش‌پذیری و واکنش سنگ‌ها به فرآیندهای هوازدگی و فرسایش، یکی از عوامل مهم امتیازدهی است. سنگ‌هایی مانند کوارتزیت و سنگ‌های آذرین به‌طور معمول سخت هستند و در مقابل فرسایش مقاوم بوده و شیب‌های تندی را به وجود می‌آورند، در حالی که سنگ‌های رسوبی در مقابل فرسایش مقاوم نبوده و نهشته‌های زیادی را تولید می‌کنند و ممکن است لغزش‌های زیادی در آن اتفاق بیفتد [۲]. نقشه امتیازدهی لیتولوژی بر اساس جدول (۱)، در شکل (۳) به نمایش درآمده است.

جدول (۱): امتیازدهی به عامل سنگ‌شناسی

نوع لیتولوژی	امتیاز
رسوبات آبرفتی کواترنری	۵
رسوبات شیل، مارن، سیلت، رس	۴
رسوبات آهکی متراکم	۳
بازالت، کوارتزیت	۲
گنیس، ریولیت، آندزیت، داسیت	۱



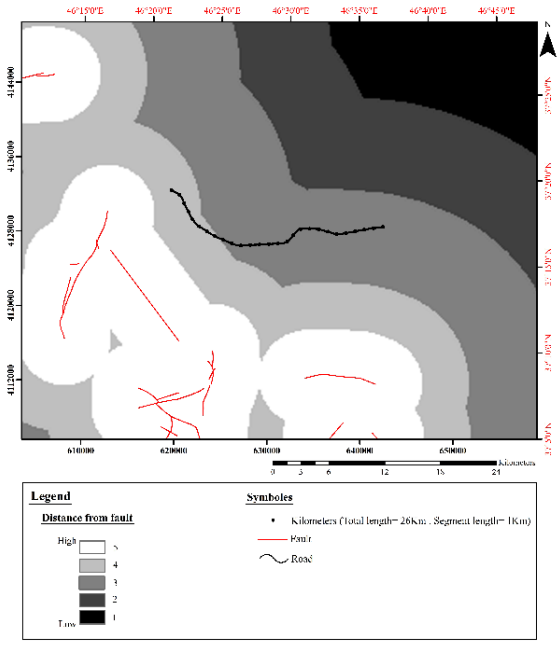
شکل (۳): نقشه امتیازدهی سنگ‌شناسی

۵-۲. فاصله از گسل

فاصله از گسل، یا به عبارتی شکستگی‌ها و خردشدگی نقش مؤثری در افزایش پتانسیل ناپایداری دامنه‌ها دارد. سامانه درزه‌ها و شکستگی‌ها نقش مؤثری در افزایش پتانسیل ناپایداری دامنه‌ها دارند و گسل‌ها می‌توانند خردشدگی را به وجود آورند [۹]. به‌طور کلی دامنه‌ها در اثر تضعیف و سستی ماده بکر مصالح دامنه و ایجاد سطوح ناپیوستگی ناپایدارتر می‌شوند [۱۰]. شکل (۴)، نقشه امتیازدهی فاصله از گسل را بر اساس جدول (۲) نشان می‌دهد.

جدول (۲): امتیازدهی به عامل فاصله از گسل

فاصله از گسل (m)	امتیاز
۵۰۰۰>	۵
۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	۴
۱۰۰۰۰-۲۰۰۰۰	۳
۲۰۰۰۰-۳۰۰۰۰	۲
۳۰۰۰۰<	۱



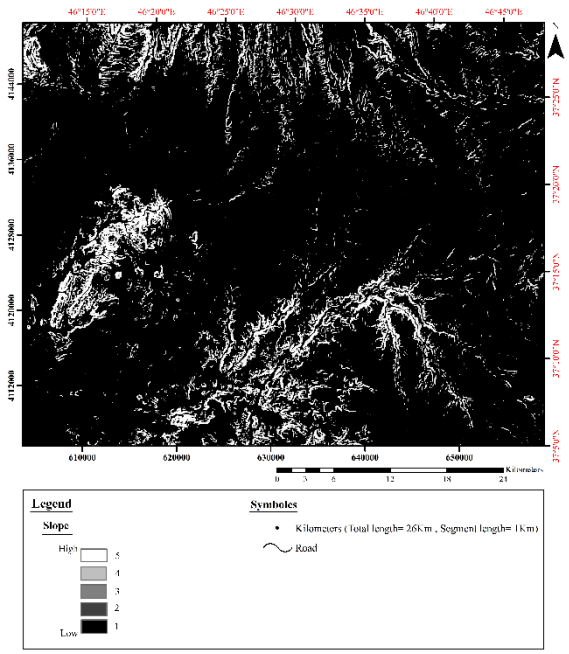
شکل (۴): نقشه امتیازدهی فاصله از گسل

۵-۳. هندسه شیب

شیب دامنه به دلیل ارتباط مستقیم با میزان پایداری بارها توسط محققین مختلف در پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای استفاده شده‌است [۱۲]. با افزایش زاویه شیب، مقدار مؤلفه برشی نیرو که در جهت لغزش عمل می‌کند، افزایش و بنابراین ضریب اطمینان دامنه در برابر گسیختگی کاهش می‌یابد [۱۱]. نقشه امتیازدهی هندسه شیب بر اساس جدول (۳)، در شکل (۵) به نمایش درآمده است.

جدول (۳): امتیازدهی به عامل هندسه شیب

مقدار شیب (°)	امتیاز
۴۵<	۵
۳۶-۴۵	۴
۲۶-۳۵	۳
۱۶-۲۵	۲
۱۵>	۱



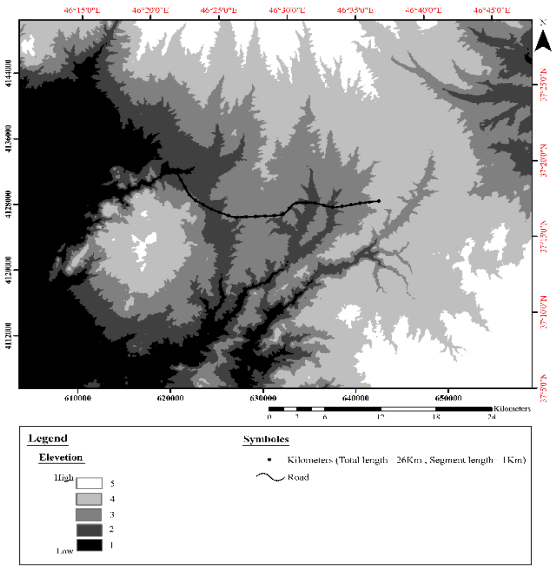
شکل (۵): نقشه امتیازدهی هندسه شیب

۵-۴. ارتفاع

افزایش ارتفاع، باعث افزایش احتمال وقوع ناپایداری می‌باشد. برای ایجاد نقشه طبقات ارتفاعی از نقشه مدل رقومی ارتفاعی (DEM) استفاده شده است. شکل (۶)، نقشه امتیازدهی فاصله از گسل را بر اساس جدول (۴) نشان می‌دهد.

جدول (۴): امتیازدهی به عامل ارتفاع

ارتفاع (m)	امتیاز
۲۰۰۰<	۵
۱۸۰۰-۲۰۰۰	۴
۱۷۰۰-۱۸۰۰	۳
۱۶۰۰-۱۷۰۰	۲
۱۶۰۰>	۱



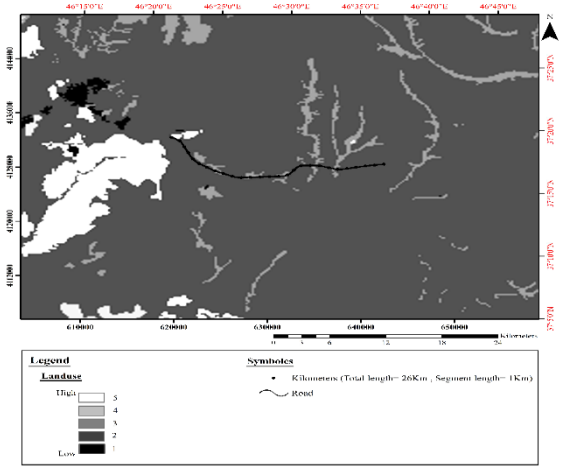
شکل (۶): نقشه امتیازدهی عامل ارتفاع

۵-۵. کاربری و پوشش زمین

پوشش‌گیاهی، دامنه‌ها را از فرسایش و هوازدگی محافظت می‌کند، به‌گونه‌ای که کاهش تراکم پوشش گیاهی باعث تسریع و تشدید فرسایش است [۱۲]. نقشه امتیازدهی کاربری و پوشش زمین بر اساس جدول (۵)، در شکل (۷) به نمایش درآمده است.

جدول (۵): امتیازدهی به عامل کاربری و پوشش گیاهی

توصیف کاربری	امتیاز
اراضی فاقد پوشش‌گیاهی، مرتع فقیر	۵
مرتع متوسط	۴
مرتع خوب، اراضی باغی	۳
زراعت آبی، زراعت دیمی، دریاچه، مخزن سد، آب‌بند	۲
محدوده شهر	۱



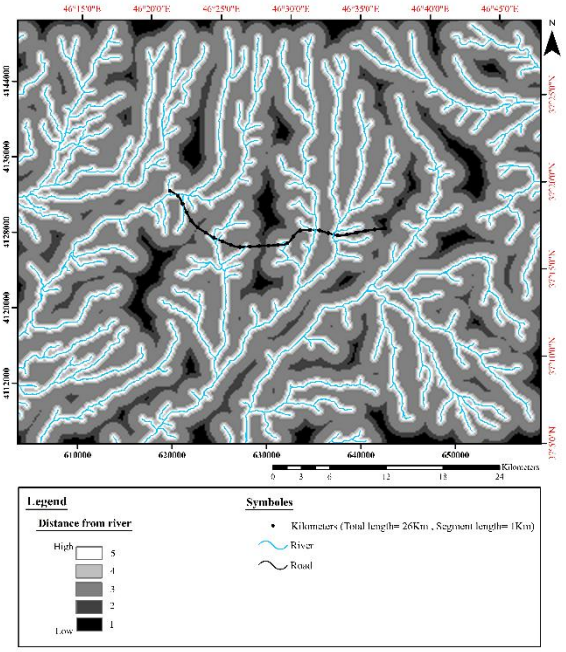
شکل (۷): نقشه امتیازدهی عامل کاربری و پوشش زمین

۵-۶. فاصله از آبراهه

شبکه‌های زهکشی به علت بارش و مساعد بودن شیب، تحت تأثیر هجوم آب قرار گرفته و وجود آب باعث ناپایدار شدن سازندهای سست و حساسیت‌پذیر در برابر نفوذ می‌شوند و از طرفی وجود جریان آب و نفوذ به مناطق خرد شده و زون‌های برشی امکان لغزش را افزایش می‌دهد. با فاصله گرفتن از رودخانه مقدار نفوذ آب کمتر و در نتیجه میزان لغزش کاهش می‌یابد [۶]. شکل (۸)، نقشه امتیازدهی فاصله از آبراهه را بر اساس جدول (۶) نشان می‌دهد.

جدول (۶): امتیازدهی به عامل فاصله از آبراهه

فاصله از آبراهه (m)	امتیاز
۲۰۰>	۵
۲۰۰-۵۰۰	۴
۵۰۰-۱۵۰۰	۳
۱۵۰۰-۲۰۰۰	۲
۲۰۰۰<	۱



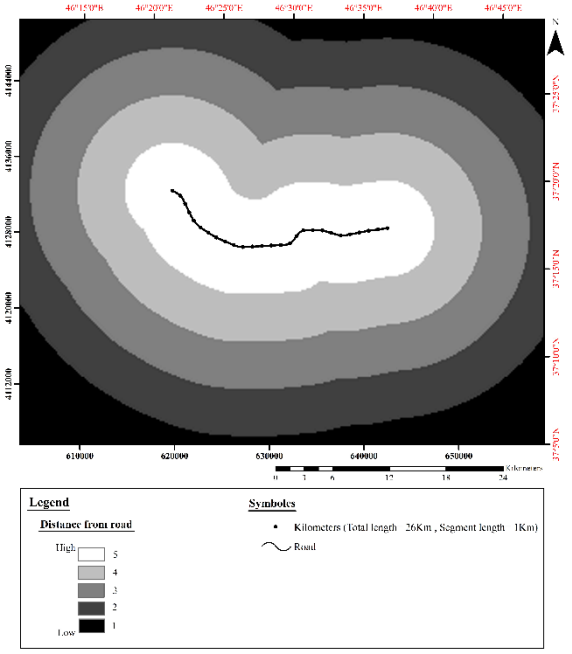
شکل (۸): نقشه امتیازدهی عامل فاصله از آبراهه

۵-۷. فاصله از راه

جاده از عوامل مؤثر در ناپایداری است که توسط انسان ایجاد و باعث ناپایداری دامنه می‌شود [۹]. شکل (۹)، نقشه امتیازدهی فاصله از راه را بر اساس جدول (۷) نشان می‌دهد.

جدول (۷): امتیازدهی به عامل فاصله از راه

فاصله از راه (m)	امتیاز
۵۰۰۰<	۵
۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	۴
۱۰۰۰۰-۱۵۰۰۰	۳
۱۵۰۰۰-۲۰۰۰۰	۲
۲۰۰۰۰<	۱



شکل (۹): نقشه امتیازدهی عامل فاصله از راه

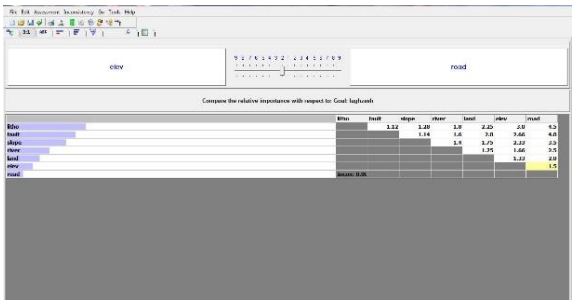
۶. نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش

درنهایت پس از تهیه نقشه‌ها، هر عامل به صورت جداگانه فازی شده و سپس با روش AHP و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice، برای هر پارامتر بر اساس میزان اهمیت، وزن به خصوصی اختصاص یافت. میزان اهمیت هر پارامتر که بر اساس قضاوت شفاهی و نظر کارشناسان صورت گرفته، در جدول (۸) نشان داده شده است. شکل‌های (۱۰ و ۱۱)، نتایج حاصل از نرم‌افزار Expert Choice را نشان می‌دهد.

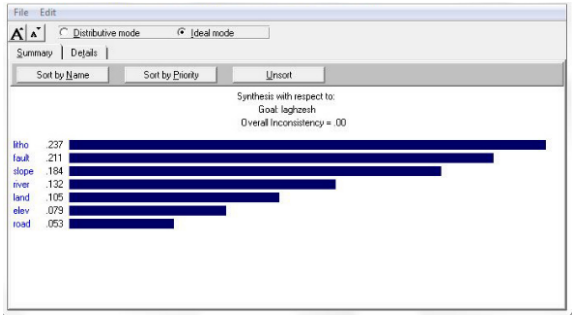
پس از وزن‌دهی، پارامترها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و ابزار Map Algebra، در وزن محاسبه شده ضرب شده و درنهایت با روش فازی SUM با یکدیگر تلفیق شدند که نتیجه نهایی در شکل (۱۲) نمایش داده شده است. پس از تهیه نقشه نهایی مجدد بازدید میدانی صورت گرفته و صحت نقشه نهایی بررسی شده است. نقشه حاصل بر اساس جدول (۹)، نشان می‌دهد که مسیر آزادراه مورد مطالعه اکثراً در پهنه‌های با خطر بسیار بالا تا خطر متوسط قرارگرفته است. مساحت و درصد مساحت پهنه‌های خطر زمین‌لغزش منطقه مورد مطالعه، در جدول (۱۰) نشان داده شده است.

جدول (۸): میزان اهمیت هر پارامتر در روش AHP

عوامل	لیتولوژی	فاصله از گسل	شیب	فاصله از آبراهه	کاربری و پوشش زمین	ارتفاع	فاصله از راه
میزان اهمیت	۹	۸	۷	۵	۴	۳	۲



شکل (۱۰): نمایش گرافیکی ماتریس محاسبه وزن با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice



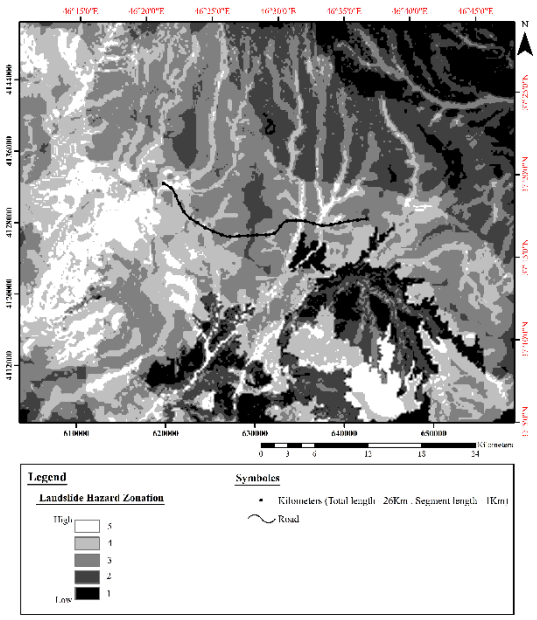
شکل (۱۱): نمایش گرافیکی وزن‌دهی به هر یک از عوامل مؤثر با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice

جدول (۹): پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش بر اساس خطر کل تخمین زده شده

امتیاز	توصیف پهنه
۵	پهنه‌ی با خطر بسیار بالا
۴	پهنه‌ی با خطر بالا
۳	پهنه‌ی با خطر متوسط
۲	پهنه‌ی با خطر کم
۱	پهنه‌ی با خطر بسیار کم

جدول (۱۰): مساحت و درصد مساحت پهنه‌های خطر زمین‌لغزش

توصیف پهنه	مساحت (Km^2)	درصد مساحت
پهنه با خطر بسیار بالا	۲۱۱/۸۲	۹/۸۶
پهنه با خطر بالا	۶۳۲/۶۶	۲۷/۲۸
پهنه با خطر متوسط	۸۰۶/۰۰	۳۱/۱۶
پهنه با خطر کم	۵۵۶/۹۹	۲۰/۴۸
پهنه با خطر بسیار کم	۲۹۲/۷۸	۱۱/۲۲



شکل (۱۲): نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش

۷. نتیجه‌گیری

بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، ۱۱/۲۲ درصد منطقه در محدوده خطر بسیار کم، ۲۰/۴۸ درصد در محدوده خطر کم، ۳۱/۱۶ درصد در محدوده خطر متوسط، ۲۷/۲۸ درصد در محدوده با خطر بالا و ۹/۸۶ درصد در محدوده خطر بسیار بالا قرار دارد.

با بررسی نقشه‌های حاصل از هر پارامتر و انطباق آن با نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش این چنین استنباط می‌شود که علت اصلی قرارگیری منطقه مورد مطالعه در پهنه‌های اکثراً با خطر متوسط تا بالا، عمدتاً به دلیل جنس سنگ‌های مسیر آزادراه می‌باشد که رسوبی و در مقابل فرسایش ضعیف هستند، همچنین نزدیکی به آبراهه‌ها که باعث آبشویی دامنه‌ها و شسته شدن پاشنه دامنه‌ها می‌شود و پوشش گیاهی پراکنده در منطقه مورد مطالعه، خطر زمین‌لغزش را تشدید می‌کند.

۸. منابع

۱. شریعت جعفری، محسن، زمین‌لغزش (مبانی و اصول پایداری شیب‌های طبیعی)، چاپ اول، انتشارات سازه، تهران، ۱۳۷۵.

۲. اصغری کلجاهی، ابراهیم، نمکچی، فاطمه، واعظی هیر، عبدالرضا، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه غرب شهرستان خوی به روش آنبالاگان، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۵۶، ۱۳۹۵.

۳. عبدالخانی، علی، جمالی، علی اکبر، کاربرد GIS و فرآیند سلسله مراتبی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و مقایسه ارجحیت عوامل مؤثر در ایجاد لغزش، مطالعه موردی: حوزه آبخیز منشاد یزد، همایش و نمایشگاه ژئوماتیک یزد، ۱۳۸۸.

۴. بای، ناصر، حاجی میررحیمی، سید محمود، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش AHP، همایش ژئوماتیک ۸۷، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران، ۱۳۸۷.

۵. محمدخان، شیرین، ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکات توده‌ای با استفاده از ویژگی‌های کیفی، تحلیل سلسله مراتبی AHP سامانه‌ها، مطالعه موردی حوضه آبخیز طالقان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ص ۴۳ تا ۴۴، ۱۳۸۰.

۶. حسن‌پور، سیروس، رحیلی خراسانی، لیلا، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش آبخیز سد زاکین با استفاده از مدل Index Overlay Maps و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ، مجله علوم جغرافیایی، شماره ۲۲، ۱۳۹۴.

۷. مهدوی، عاطفه، نوری امامزاده‌یی، محمدرضا، مهدوی نجف‌آبادی، رسول، طباطبایی، سید حسن، مکان‌یابی عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی سفره‌های زیرزمینی به روش منطق فازی در حوضه آبریز دشت شهرکرد، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، شماره ۵۶، ۱۳۹۰.

۸. زیرکی، محمدرضا، سعادتی، حسن، رویکرد پدافند غیرعامل در پهنه‌بندی فضایی اردوگاه‌های اسکان موقت با استفاده از روش تلفیقی AHP-Fuzzy و GIS (مطالعه میدانی: منطقه ۸ شهر تهران) ، فصلنامه علمی- ترویجی پدافند غیر عامل، شماره۳، ۱۳۹۷.

۹. یمانی، مجتبی، حسن‌پور، سیروس، مصطفایی، ابوالفضل، شادمان رودپشتی، مجید، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز کارون بزرگ با استفاده از مدل AHP در محیط GIS، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۴، ۱۳۹۱.

10. M. Romana, "SMR Classification," In Int. Symposium of Rock Mechanics, Aachen, pp. 955-960, 1991.

11. E. Hoek and J. W. Bray, "Rock Slope Engineering," Institution of Mining and Metallurgy, London, 1981.

۱۲. باقری مهـرورز، ابـراهیم، ارومیـه‌ای، علـی، نیکـودل، محمدرضـا، پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌هـا در تاقـدیس کنگـان بـه روش آنبالاگـان، فصـلنامه زمـین‌شناسـی کـاربردی، شـماره ۳، ص. ۲۰۶-۲۱۲، ۱۳۸۸.

Landslide Hazard Evaluation and Zonation by Fuzzy-AHP Method (Case Study: Maraghe-Hashtrood Highway Project Area (Second Part))

S. Mashmool Koeich*, K. Quomarcian

Abstract

Today, discussing, identifying and preventing casualties, and economic and social losses due to natural disasters such as landslides, floods, and earthquakes are of particular interest to official authorities and scientific and research communities in most countries. The occurrence of landslides can be closely related to other natural disasters such as floods and earthquakes, and these phenomena have a significant role in the development and severity of landslides. In this research, lithology, distance from the fault, slope, elevation, land use and coverage, distance from rivers and distance from the roads are considered as the factors affecting the occurrence of landslides and the Fuzzy-AHP method is used. The study area is located in the northwest of Iran, in the East Azarbaijn province, in the area of Maraghe and Hashtrood. The length of the Maraghe-Hashtrood highway is 92 Kilometers, the second part of this highway is 26 Kilometers. The main reason that this location, as the area of study, is classified as a medium to high risk zone is mainly due to the highway rocks type, which are sedimentary and weak in erosion. Proximity of the study area to streams and dispersed vegetation, also exacerbates the risk of landslides.

Key Words: *Landslide, Zonation, Fuzzy-AHP, Highway*

* Execution Expert - Ashoura Iinstitute (sasan1992.mashmoul@gmail.com)- Writer-in-Charge