



جغرافیا و روابط انسانی، بهار ۱۴۰۲، دوره ۵، شماره ۴، صص ۵۲۴-۵۱۶
شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در حوضه آبریز سد ایلام
با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای

سمیرا کنعانی

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، samirak126@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۲

چکیده

زمین لغزش به حرکت توده‌ای مواد بر روی دامنه گفته می‌شود که هر ساله با خسارات جانی و مالی زیادی همراه است. مناطق مختلف تحت تأثیر وضعیت هیدروژئومورفولوژی و هیدرواقليمی، پتانسیل‌های متفاوتی از نظر وقوع زمین لغزش دارند. یکی از مناطقی که در معرض این مخاطره قرار دارد، حوضه آبریز سد ایلام است به همین دلیل در این پژوهش به شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در آن پرداخته شده است. در این پژوهش از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و لایه‌های اطلاعاتی به‌عنوان داده‌های تحقیق استفاده شده است. مهم‌ترین ابزارهای تحقیق ArcGIS و Super Decision بوده است. در این تحقیق با استفاده از ۸ پارامتر (ارتفاع، شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده و کاربری اراضی) و مدل تلفیقی تحلیل شبکه‌ای (ANP) و منطق‌فازی، مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در حوضه آبریز سد ایلام شناسایی شده است. بر اساس نتایج حاصله، بخش‌های مرکزی و غربی منطقه پتانسیل بالایی از نظر وقوع زمین لغزش دارند. در واقع، این مناطق به دلیل نزدیکی به خطوط گسلی، رودخانه و جاده اصلی، نوع کاربری و شیب زیاد، مستعد وقوع زمین لغزش هستند. همچنین بخش‌های شرقی منطقه به دلیل نوع کاربری، دور بودن از خطوط گسلی، دور بودن از جاده و رودخانه، پتانسیل کمی جهت وقوع زمین لغزش دارند.

کلمات کلیدی: زمین لغزش، ANP، حوضه آبریز سد ایلام



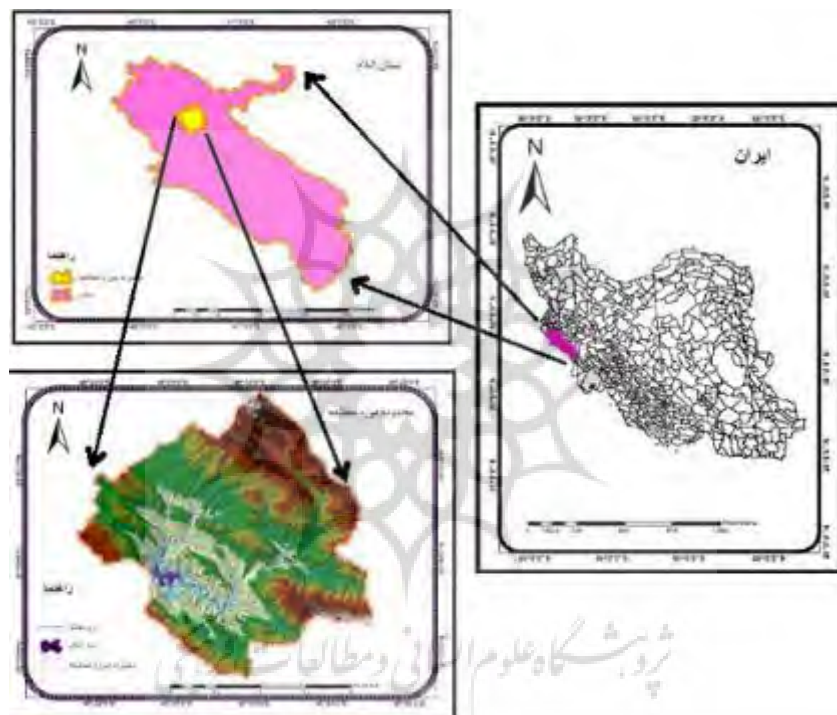
مقدمه

حرکات توده‌ای به حرکت حجم نسبتاً زیادی از مواد شامل سنگ و خاک روی یک زیربنای ثابت به دلایل مختلف گفته می‌شود که بر اساس شکل و عوامل ایجادکننده آن به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند که از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین نوع حرکات توده‌ای، زمین‌لغزش است (قویمی‌پناه و همکاران، ۱۳۹۶). لغزش‌ها در بسیاری از نقاط یک تهدید جدی برای جمعیت ایجاد می‌کنند (پتلی^۱، ۲۰۱۲). بر روی لغزش پدیده‌های مختلفی تأثیرگذار هستند و در افزایش وقوع این پدیده نقش مستقیمی دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به بارش، ذوب برف، تغییرات دما، زلزله، فعالیت آتشفشانی، و فعالیت‌های انسانی اشاره کرد (کروزی^۲، ۲۰۱۰). وقوع پدیده زمین‌لغزش که در بسیاری از نقاط دنیا و کشور ایران در شرایط مساعد رخ می‌دهد، موجب تخریب پوشش گیاهی، باغ‌ها، اراضی زراعی و حتی مرگ‌ومیرهای انسانی می‌شود (عابدینی، ۱۳۹۳). ایران با توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، فعالیت زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد و شرایط متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی، از عمده شرایط طبیعی برای رخداد زمین‌لغزش‌ها برخوردار است (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۶). یکی از مناطقی که در معرض وقوع این مخاطره قرار دارد، حوضه آبریز سد ایلام است. این حوضه به دلیل وضعیت هیدروژئومورفولوژی و شرایط هیدرواقلمی که دارد، در معرض مخاطره زمین‌لغزش قرار دارد و به همین دلیل در این پژوهش به شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش در آن پرداخته شده است.

در مورد موضوع مورد مطالعه تحقیقات مختلفی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به چاو^۳ و همکاران (۲۰۰۲) اشاره کرد که به پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش در هنگ‌کنگ با استفاده سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداختند. ساه^۴ و همکاران (۲۰۰۵) به شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش در مناطق کوهستانی هیمالیا پرداختند. یالکین^۵ (۲۰۰۸) با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی به شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش در منطقه اردسن ترکیه پرداخته است. وانگ^۶ و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش وزن‌دهی به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه ساحل جنوبی چین پرداختند. دلاسرنا و ماراویلاس^۷ (۲۰۱۶) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از منطق فازی و تکنیک GIS در مناطق کوچک مقیاس معدن سوریگاتور شمالی، فیلیپین پرداختند. در ایران نیز ابراهیمی‌مقدم و عباس‌نژاد (۱۳۹۵) با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی و GIS، به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش استان کرمان پرداختند. عرب‌عامری و همکاران (۱۳۹۶) به پهنه‌بندی استعداد اراضی نسبت به وقوع زمین‌لغزش در حوضه سرخون کارون پرداختند. عابدینی و پیروزی (۱۳۹۸) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در شهرستان خلخال با استفاده از تلفیق روش‌های ANP، Hot Spot و WIC پرداختند. نوفرستی و همکاران (۱۳۹۸) به تحلیل و بررسی زمین‌لغزش در محور قائن-افین خراسان جنوبی با استفاده از مدل‌سازی عددی پرداختند. حجازی و نجف‌وند (۱۳۹۹) به شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش در شهرستان پاوه پرداختند. جعفری و خدایی (۱۴۰۱) به پهنه‌بندی سطوح ارضی حوضه شاهرود در مقابل وقوع زمین‌لغزش به کمک مدل شانون پرداختند.

-
1. Petlely
 2. Crozier
 3. Chau
 4. Saha
 5. Yalcin
 6. Wang
 7. Dela Cerna & Maravillas

منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز سد ایلام با ۴۷۷ کیلومتر مربع وسعت و حدود ۱۵۸ کیلومتر محیط، از نظر تقسیمات سیاسی در محدوده شهرستان ایلام قرار دارد (شکل ۱). این حوضه از نظر تقسیمات مورفوتکتونیکی جزء زاگرس چین خورده محسوب می شود و همین مسئله سبب شده است تا بخش زیادی از مساحت حوضه را واحد کوهستان دربرگیرد. مهم ترین رودخانه این حوضه، رودخانه کنجان چم است که از اتصال دورو خانه چاویز و گل گل تشکیل شده است.



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش ها

در این پژوهش به منظور پتانسیل سنجی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در حوضه آبریز سد ایلام از ۸ پارامتر ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از گسل، نوع لیتولوژی، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه و نوع کاربری اراضی استفاده شده که بنابر نظر کارشناسان (کارشناسان ژئومورفولوژی)

و با توجه به ویژگی‌های منطقه انتخاب شده است. روش کار به این صورت است که پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی در محیط ArcGIS، لایه‌های اطلاعاتی به روش منطق فازی استانداردسازی شده‌اند و بعد از طریق مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) لایه‌های اطلاعاتی وزن‌دهی شده‌اند. پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، وزن بدست آمده بر روی لایه‌ها اعمال شده است و در نهایت با استفاده از عملگر گامای فازی، لایه‌ها با هم ترکیب شده و به این صورت نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش در حوضه آبریز سد ایلام تهیه شده است. در ادامه به تشریح مدل ANP پرداخته شده است.

مدل ANP: روش‌های ارزیابی چند معیاره کاربرد وسیعی در علوم مختلف از جمله ژئومورفولوژی پیدا کرده‌اند. یکی از این روش‌ها فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) است. فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) شکل کامل شده تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. در تحلیل سلسله‌مراتبی ابتدا مسئله یا موضوع مورد نظر را به یک ساختار سلسله مراتبی تبدیل می‌کند که در آن عناصر تشکیل‌دهنده این ساختار که از اجزاء تصمیم نیز تلقی می‌شوند، مستقل از یکدیگر فرض می‌شوند؛ بنابراین یکی از محدودیت‌های جدی AHP این است که وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم، یعنی وابستگی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها را در نظر نمی‌گیرد و ارتباط بین عناصر تصمیم را سلسله مراتبی و یک‌طرفه فرض می‌کند. این فرض ممکن است در بعضی از موارد صادق نباشد و در چنین شرایطی نتیجه روش AHP ممکن است موجب برعکس شدن رتبه‌ها شود؛ یعنی با حذف گزینه‌ای ممکن است نتیجه رتبه‌بندی گزینه‌ها تغییر کند؛ بنابراین باید در استفاده از روش AHP اندکی محتاط بود زیرا کلیه مسائل و مشکلات لزوماً دارای ساختار سلسله مراتبی نیستند (زبردست، ۱۳۸۰).

بحث و نتایج

پارامترهای مورد استفاده

در این پژوهش به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر، از ۸ پارامتر ارتفاع، شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده و کاربری اراضی استفاده شده که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

ارتفاع: ارتفاع از جمله عوامل مؤثر در میزان بارش، رطوبت، یخبندان و غیره است. به طور معمول، مناطق مرتفع به دلیل یخبندان و شیب زیاد، در معرض وقوع حرکات دامنه‌ای از جمله زمین‌لغزش هستند. بررسی وضعیت ارتفاعی منطقه مورد مطالعه بیانگر این است که بخش زیادی از مناطق شمالی و جنوب شرقی آن در طبقات ارتفاعی بالای ۲۰۰۰ متر هستند، بنابراین از نظر وضعیت ارتفاعی، این مناطق در معرض زمین‌لغزش هستند.

شیب: مهم‌ترین پارامتر در وقوع حرکات دامنه‌ای، شیب دامنه است. مناطق پرشیب پایداری کمی دارند و مواد روی این دامنه‌ها به دلیل اصطکاک کم و تحت تأثیر نیروی جاذبه و وزن مواد به سمت پایین دست حرکت می‌کنند. مناطقی که دارای شیب زیادی هستند، در معرض وقوع حرکات دامنه‌ای هستند. بر اساس نقشه طبقات شیب منطقه مورد مطالعه، بخش‌هایی از منطقه از جمله مناطق شمال شرقی و جنوب شرقی آن را طبقات با شیب بیش از ۵۵ درجه در بر گرفته است.

جهت شیب: با توجه به نقشی که جهات شیب در میزان رطوبت و یخبندان دارند، از این پارامتر نیز به عنوان یکی از پارامترهای مؤثر در شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش استفاده می شود. جهات شیب شمالی به دلیل اینکه پشت به آفتاب هستند، رطوبت و یخبندان بیش تری دارند، بنابراین پتانسیل بیش تر جهت وقوع زمین لغزش دارند. همچنین جهات جنوبی به دلیل رطوبت و یخبندان کم تر، پتانسیل کم تری جهت وقوع زمین لغزش دارند (گنجائیان، ۱۳۹۹). بر اساس نقشه جهات شیب منطقه مورد مطالعه، بخش زیادی از منطقه در جهات شمال غربی و جنوب شرقی قرار دارند.

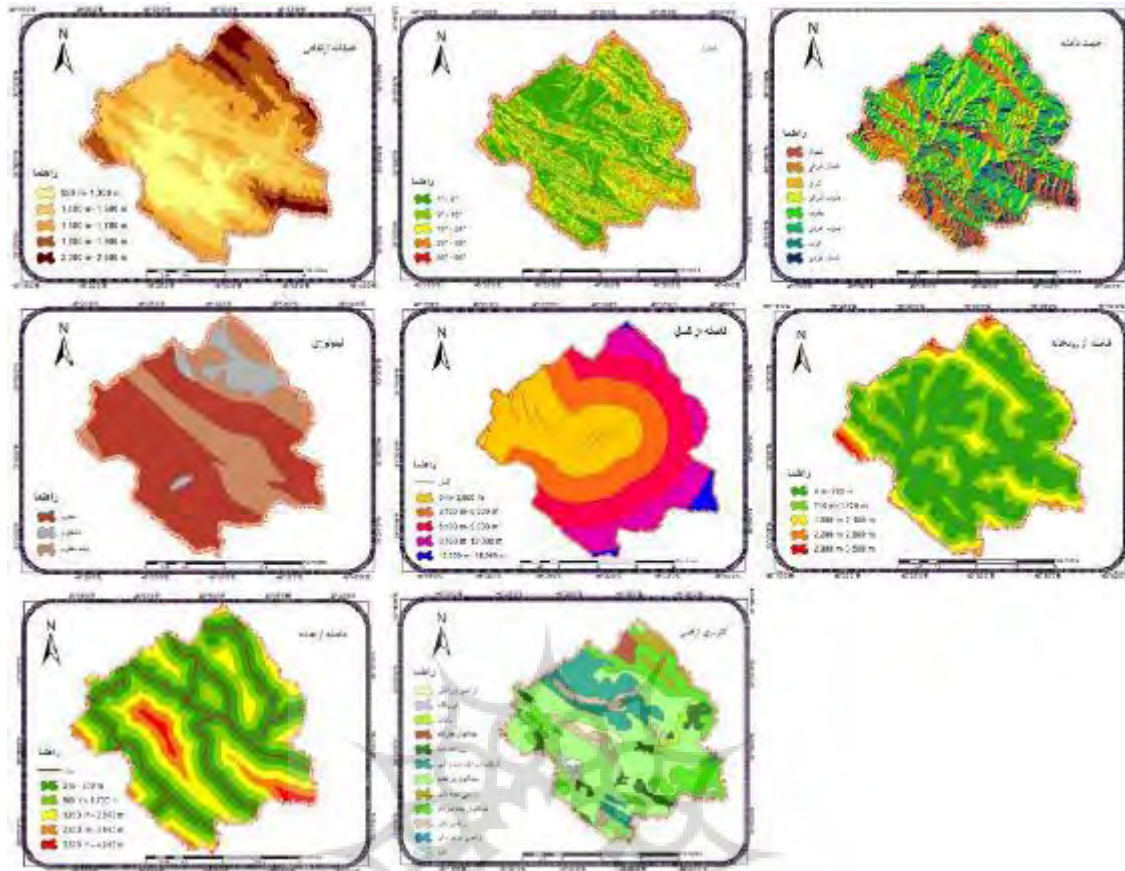
لیتولوژی: جنس زمین و نوع سنگ از عوامل مهم و تأثیرگذار در وقوع زمین لغزش است. هرچقدر که سنگ ها سست تر و همچنین از کانی های مختلف تری تشکیل شده باشند و دارای درز و شکاف فراوان تری باشند، پتانسیل بالاتری جهت وقوع زمین لغزش دارند. دامنه هایی که از لحاظ لیتولوژی، از سازندهای سست همچون مارن، شیل و رس تشکیل شده باشند به دلیل مقاومت کم تری که در برابری نیروی خارجی دارند و همچنین به دلیل پتانسیل بالای حرکت و تغییر شکلی که دارند، مستعد وقوع زمین لغزش هستند (همان، ۱۳۹۹). با توجه به موارد مذکور، منطقه مورد مطالعه از نظر لیتولوژی به سه بخش مقاوم، نیمه مقاوم و نامقاوم تقسیم شده است.

گسل: علاوه بر لیتولوژی، خطوط گسلی نیز به عنوان یکی دیگر از پارامترهای زمین شناسی مؤثر محسوب می شود که تأثیر زیادی در ناپایداری دامنه ها دارد. از آنجایی که تراکم سیستم درزه ها، شکستگی ها و خردشدگی ها نقش بسیار مهمی در ناپایداری دارند و گسل ها می توانند خردشدگی را به وجود آورند، مناطق نزدیک به خطوط گسل پتانسیل بالایی جهت حرکات دامنه ای دارند. بر اساس نقشه گسل های منطقه، بخش های شمال غربی منطقه به دلیل نزدیکی به خطوط گسل، پتانسیل بالایی از نظر وقوع زمین لغزش دارند.

فاصله از رودخانه: رودخانه ها و زهکشی جریان ها ممکن است به علت شیب برشی و یا فرسایش جریان سبب شکست و خرابی کناره های رودخانه ها گردند. آب های جاری همیشه در دره ها و خط القعرها حرکت می کنند و عمل تخریب، فرسایش، انتقال و رسوب گذاری را انجام می دهند. با توجه به موارد مذکور، مناطق نزدیک به رودخانه، پتانسیل بالایی از نظر وقوع زمین لغزش دارند.

فاصله از جاده: توسعه راه های ارتباطی و زیربسی پای دامنه ها در مناطق کوهستانی و پرشیب، زمینه را برای وقوع زمین لغزش فراهم می کند. بر این اساس، مناطق نزدیکی به جاده، پتانسیل بالایی از نظر وقوع زمین لغزش دارند.

کاربری اراضی: نوع کاربری اراضی نیز می تواند در تشدید و یا کاهش احتمال وقوع زمین لغزش مؤثر باشد. انواع کاربری های اراضی در رابطه با محافظت از شیب ها و پایداری و عدم پایداری آن ها عملکرد متفاوتی دارند. مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم هستند، پتانسیل کم تری جهت وقوع زمین لغزش دارند. همچنین دامنه هایی که دارای پوشش گیاهی کم تری هستند، پتانسیل بیش تری جهت وقوع زمین لغزش دارند (گنجائیان، ۱۳۹۹). بر اساس نقشه کاربری اراضی منطقه، بخش هایی از منطقه که دارای پوشش گیاهی کم تراکم و اراضی بایر هستند، پتانسیل بالایی از نظر وقوع زمین لغزش دارند. در شکل ۲ نقشه پارامترهای مورد استفاده نشان داده شده است.



شکل ۲: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

-فازی سازی و وزن دهی به لایه های اطلاعاتی

در این پژوهش پس از تهیه لایه های اطلاعاتی، ابتدا لایه های اطلاعاتی فازی سازی شده اند. فازی سازی لایه های اطلاعاتی به این صورت بوده است که به هر لایه، ارزشی بین صفر تا یک داده شده است. برای لایه ارتفاع به مناطق مرتفع ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق کم ارتفاع، ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه شیب به مناطق پرشیب ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق کم شیب، ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه جهت شیب به جهات شیب شمالی ارزش نزدیک به ۱ و به جهات شیب جنوبی، ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه لیتولوژی به مناطق دارای لیتولوژی سست، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق با لیتولوژی مقاوم، ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه گسل به مناطق نزدیک به خط گسل ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دور از خط گسل، ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه رودخانه به مناطق نزدیک به جاده رودخانه نزدیک به ۱ و به مناطق دور از رودخانه، ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه جاده به مناطق نزدیک به جاده ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دور از جاده، ارزش نزدیک به صفر داده شده است. همچنین برای کاربری اراضی به مناطق دارای پوشش گیاهی کم تراکم ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق با پوشش گیاهی متراکم، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.

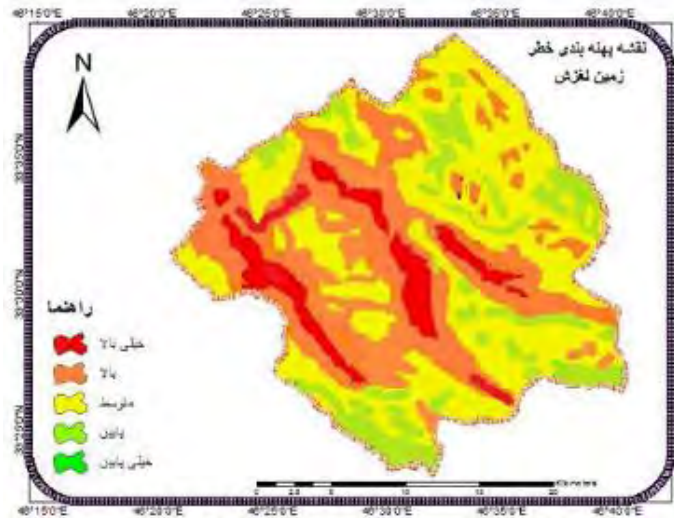
در این پژوهش پس از فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، به‌منظور وزن‌دهی به آن‌ها از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شده است. به‌منظور اجرای مدل ANP، پس از تشکیل ساختار شبکه‌ای، با توجه به رابطه درونی و بیرونی معیارها، از ماتریس مقایسه‌ای شامل ۸ سطر و ۸ ستون برای تعیین رابطه و میزان اهمیت هر یک از این معیارها و زیرمعیارها استفاده شده است. به‌منظور امتیازدهی به معیارها از طریق پرسش‌نامه و دیدگاه‌های کارشناسان امر (۵ متخصص ژئومورفولوژی) استفاده شده است. برای انجام محاسبات از نرم‌افزار Super Decisions استفاده شده و پس از بدست آوردن وزن‌های نهایی هر کدام از معیارها (جدول ۱)، در نرم‌افزار Arc GIS بر روی لایه‌های نقشه‌ای اعمال شده است.

جدول ۱: وزن بدست آمده معیارهای مورد استفاده بر اساس مدل ANP

معیار	ارتفاع	شیب	جهت شیب	فاصله از گسل	لیتولوژی	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	کاربری اراضی
وزن	۰/۰۳۱	۰/۲۲۱	۰/۰۲۸	۰/۰۵۷	۰/۱۵۵	۰/۱۶۹	۰/۲۶۵	۰/۰۷۴

- ترکیب لایه‌های اطلاعاتی و تهیه نقشه نهایی

پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، وزن بدست آمده بر روی لایه‌ها اعمال شده است و در نهایت با استفاده از عملگر گامای فازی، لایه‌ها با هم ترکیب شده و به این صورت نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش در حوضه آبریز سد ایلام تهیه شده است (شکل ۳). بر اساس نتایج حاصله، بخش‌های مرکزی و غربی منطقه پتانسیل بالایی از نظر وقوع زمین‌لغزش دارند. درواقع، این مناطق به دلیل نزدیکی به خطوط گسلی، رودخانه و جاده اصلی، نوع کاربری و شیب زیاد، مستعد وقوع زمین‌لغزش هستند. همچنین بخش‌های شرقی منطقه به دلیل نوع کاربری، دور بودن از خطوط گسلی، دور بودن از جاده و رودخانه، پتانسیل کمی جهت وقوع زمین‌لغزش دارند.



شکل ۳: نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

یکی از مخاطرات شایع در حوضه آبریز سد ایلام، حرکات دامنه‌ای از جمله زمین لغزش است. حوضه آبریز سد ایلام در منطقه کوهستانی زاگرس واقع شده است به دلیل وضعیت هیدروژئومورفولوژی و هیدرواقلمی که دارد، در معرض مخاطره زمین لغزش قرار دارد. نتایج بررسی وضعیت ژئومورفولوژی این منطقه نشان داده است که بخش‌های زیادی از این حوضه دارای ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر و همچنین شیب بالای ۵۰ درجه هستند، بنابراین می‌توان گفت که حوضه آبریز سد ایلام از نظر ژئومورفولوژی مستعد وقوع زمین لغزش است. همچنین با توجه به اینکه بخش‌هایی از این حوضه را سنگ‌های نامقاوم و خطوط گسلی دربرگرفته، بنابراین از نظر زمین‌شناسی نیز مستعد وقوع زمین لغزش است. در مجموع، بررسی‌ها نشان داده است که حوضه آبریز سد ایلام از نظر ویژگی‌های طبیعی، مستعد وقوع زمین لغزش است و همین مسئله سبب شد تا در این پژوهش با استفاده از مدل تلفیقی منطق فازی و AHP، مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در این حوضه شناسایی شود. بر اساس نتایج حاصله، بخش‌های مرکزی و غربی منطقه پتانسیل بالایی از نظر وقوع زمین لغزش دارند. درواقع، این مناطق به دلیل نزدیکی به خطوط گسلی، رودخانه و جاده اصلی، نوع کاربری و شیب زیاد، مستعد وقوع زمین لغزش هستند. همچنین بخش‌های شرقی منطقه به دلیل نوع کاربری، دور بودن از خطوط گسلی، دور بودن از جاده و رودخانه، پتانسیل کمی جهت وقوع زمین لغزش دارند.

منابع

۱. ابراهیمی مقدم، فهیمه؛ عباس نژاد، احمد (۱۳۹۵)، ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش استان کرمان با مدل‌های فازی و AHP، فصلنامه زمین‌شناسی و محیط‌زیست، دوره ۱۰، شماره ۳۷، صص ۴۴-۲۵.
۲. حجازی، اسدالله؛ نجف‌وند، سمیرا (۱۳۹۹)، پتانسیل سنجی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در شهرستان پاوه با استفاده از روش منطق Fuzzy، مجله جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۲، شماره ۴، صص ۳۸۵-۳۷۶.
۳. جعفری، غلام‌حسن؛ خدایی، روح‌اله (۱۴۰۱)، پهنه‌بندی سطوح ارضی حوضه شاهرود در مقابل وقوع زمین لغزش به کمک مدل شانون، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۱۱، شماره ۳.

۴. زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰)، کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، مجله هنرهای زیبا، شماره ۱۰، صص ۲۱-۱۲.
۵. عابدینی، موسی؛ بهاره قاسمیان، شیرزادی، عطار (۱۳۹۳)، مدل‌سازی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل آماری رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: استان کردستان، شهرستان بیجار)، مجله جغرافیا و توسعه، دوره ۱۲، شماره ۳۷، صص ۱۹۲-۸۵.
۶. عابدینی، موسی؛ پیروزی، الناز (۱۳۹۸)، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از تلفیق روش‌های ANP، Hot Spot و WIC (مطالعه موردی: شهرستان خلخال)، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۸، شماره ۴، صص ۳۶-۱۹.
۷. عرب عامری، علیرضا؛ شیرانی، کوروش؛ رضایی، خلیل (۱۳۹۶)، پهنه‌بندی استعداد اراضی نسبت به وقوع زمین‌لغزش با روش‌های دمپسترشیف و نسبت فراوانی در حوضه سرخون کارون، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب‌و‌خاک، دوره ۲۴، شماره ۳، صص ۵۷-۴۱.
۸. علیجانی، بهلول؛ قهرودی تالی، منیژه؛ امیراحمدی، ابوالقاسم (۱۳۸۶)، پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در دامنه‌های شمالی شاه جهان با استفاده از GIS (مطالعه موردی: حوضه اسطرخی شیروان)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۲، شماره ۱، صص ۱۳۲-۱۱۷.
۹. قویمی‌پناه، محمدحسین؛ خالدی درویشان، عبدالواحد؛ قویمی پناه، محمدرضا (۱۳۹۶)، صحت‌سنجی روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و رگرسیون چند متغیره در پهنه‌بندی زمین‌لغزش (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ولی عصر استان اردبیل)، مجله اکو هیدرولوژی، دوره ۴، شماره ۳، صص ۷۸۹-۷۷۵.
۱۰. گنجائیان، حمید (۱۳۹۹)، مخاطرات ژئومورفولوژیک مناطق شهری، روش‌های مطالعه و راهکارهای کنترل آن، انتشارات انتخاب، ۱۴۴ صفحه.
۱۱. نوفرستی، حسین؛ ویسکرمی، علی؛ رحیم‌دل، محمدجواد (۱۳۹۸)، تحلیل و بررسی پتانسیل زمین‌لغزش به کمک مدل‌سازی عددی (مطالعه موردی: محور قائن-افین در استان خراسان جنوبی)، مجله پژوهش‌های زیرساخت‌های عمرانی، دوره ۵، شماره ۱، صص ۸۸-۷۷.
12. Chau, K. T., Sze, Y. L., Fung, M. K., Wong, W. Y., Fong, L. C. P., 2002. Landslide hazard analysis for HongKong using landslide inventory and GIS. *K.T. Computers & Geosciences*, V 30. pp: 429-443.
13. Crozier, M. J., 2010. Deciphering the effect of climate change on landslide activity: a review. *Geomorphology*, V 124. pp: 260-267.
14. Dela Cerna, M. A., Maravillas, E. A., 2016. An Application of Partitive Clustering Algorithm for Landslide Hazard Zonation. In *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*. V 1.
15. Petley, D., 2012. Global patterns of loss of life from landslides, *Geology*, V 40 (10). pp: 927-930.
16. Saha, A., Arora, K., Gupta, M. K., Vird, R. P., Csaplovics, E., 2005. GIS-based route planning in landslide-prone areas. *International Journal of Geographical Information Science*. V 19 (10). pp: 1149-1175.
17. Wang W., Zhang W., Xia Q., 2012. Landslide Risk Zoning Based on Contribution Rate Weight Stack Method. *International Conference on Future Energy, Environment, and Materials*.
18. Yalcin, A., 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations” *CATENA*, V 72. pp: 1-12.